

## UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE DUAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO SOB EFEITO DA ASSISTÊNCIA A AR NA BARRA

SUELI ELISA KULLMANN<sup>1</sup>, VILNEI DE OLIVEIRA DIAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Avenida Tiarajú, 810, Bairro Ibirapuitã, CEP 97546-550, Alegrete, RS, Brasil, e-mail: suelik2013@gmail.com.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Avenida Tiarajú, 810, Bairro Ibirapuitã, CEP 97546-550, Alegrete, RS, Brasil, e-mail: vilneidias@gmail.com.

**RESUMO:** Com este trabalho, o objetivo foi avaliar o efeito de diferentes velocidades de vento ambiente e da assistência a ar no perfil de distribuição volumétrica individual e sobreposto de duas pontas de pulverização de jato leque plano. O trabalho foi desenvolvido com pulverizador hidráulico com sistema de assistência a ar na barra de pulverização. A análise da distribuição volumétrica foi realizada por meio do emprego de mesa de distribuição com as pontas API 11003 e JAP 11002 e uma pressão de pulverização de 413,7 kPa. Para compor os tratamentos, foram utilizadas três velocidades da assistência a ar: 0, 4,16 e 7,77 m s<sup>-1</sup>, com vento ambiente em três velocidades: 0, 2,22 e 3,33 m s<sup>-1</sup>. Simularam-se as sobreposições a partir do padrão de distribuição individual das pontas, sendo que a homogeneidade da distribuição do líquido na barra foi avaliada com base no coeficiente de variação (CV). Verificou-se que a uniformidade da distribuição volumétrica das pontas foi influenciada pelos ventos ambiente e assistente, sendo que a presença da assistência a ar promoveu menores valores de CV, com destaque para a velocidade máxima do vento assistente utilizada.

**Palavras-chaves:** tecnologia de aplicação, perfil de deposição, coeficiente de variação.

## VOLUMETRIC DISTRIBUTION UNIFORMITY FOR TWO SPRAY NOZZLES UNDER THE EFFECT OF AIR ASSISTANCE IN THE BAR

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate the effect of different speeds of wind and air assistance on the individual volumetric distribution profile and superimposed for two flat fan spray nozzles. The work was developed with an air assistance boom sprayer. The analysis of the volumetric distribution was performed using a distribution testing table with the spray nozzles API 11003 and JAP 11002, and spray pressure of 413.7 kPa. The procedure consisted of three air assistance speeds: 0, 4.16 and 7.77 m s<sup>-1</sup>, with three ambient wind speeds: 0, 2.22 and 3.33 m s<sup>-1</sup>. The overlays were simulated from the pattern of individual spray nozzles distribution and the homogeneity of the liquid distribution was evaluated based on the variation coefficient. It was found that the uniformity of the spray nozzles volumetric distribution was influenced by the air assistance and environment wind, whereas the air assistance usage promoted the lowest values of the variation coefficient, with emphasis on its maximum speed.

**Keywords:** application technology, deposition profile, variation coefficient.

### 1 INTRODUÇÃO

A correta aplicação de produtos fitossanitários está intimamente atrelada ao potencial produtivo da lavoura, tendo em vista que a entrada de pragas, doenças e plantas daninhas acaba por gerar grandes prejuízos. Assim, grande parte das despesas dos produtores está relacionada à proteção da planta, contribuindo com o aumento do número

de pesquisas com o objetivo de procurar modelos que reduzam esses custos (VUJČIĆ et al., 2015).

Uma boa aplicação depende da escolha correta do produto, calibração e regulação do pulverizador, habilidade do operador e das condições meteorológicas (SASAKI et al., 2016). Além disso, a tecnologia de aplicação deve estar alinhada com práticas sustentáveis, evitando o desperdício de produto que possa

acarretar danos ao meio ambiente. Diante disso, devem ser adotadas medidas que visem principalmente, à minimização da deriva. Esta, por sua vez, é uma das principais causas de prejuízos financeiros devido à perda direta ou contaminação de culturas sensíveis localizadas nas proximidades (MORAES et al., 2019). Uma das maneiras de minimizar tais perdas é selecionar corretamente o tipo de ponta de pulverização, a fim de adequar o tamanho das gotas com as condições meteorológicas existentes na hora da aplicação.

Há uma variedade de pontas hidráulicas disponíveis. Dentre as mais usadas, destacam-se as de jato plano. No entanto, segundo Cunha et al. (2003), as mesmas possuem alto risco de deriva, dependendo das características de pressão e ângulo de abertura. Havendo, portanto, uma tendência pela substituição por aquelas com indução de ar, pois apresentam potencial de deriva menor (MARTINI et al., 2015). As pontas por indução de ar permitem a formação de gotas maiores, atingindo assim, o alvo, com maior facilidade.

Outra técnica que vem ganhando destaque na minimização das perdas por deriva é a utilização de barras de pulverização dotadas de assistência a ar que, utilizando um ventilador axial, tem por finalidade produzir um jato de ar com alta velocidade, direcionando as gotas ao alvo (SASAKI et al., 2019). Essa tecnologia visa, principalmente, a inserção de gotas na parte inferior das plantas, obtendo um melhor controle de insetos e fungos que se localizam nessa área.

A eficácia em que o alvo é atingido está atrelada à uniformidade da distribuição da calda no dossel das plantas, segundo Perecin et al. (1998) ela é dependente das condições de montagem, espaçamento entre bicos, altura da barra, ângulo de abertura das pontas e pressão de trabalho. O coeficiente de variação é o parâmetro mais utilizado para caracterizar a uniformidade (FERREIRA et al., 2007). Portanto, quanto menor for este valor mais uniforme será a distribuição.

Smith (1992) sugere 15% como coeficiente de variação máximo para aplicações em campo, já os estudos de Perecin et al. (1998)

trazem como aceitável o valor de até 10%, podendo haver um aumento levando em consideração as condições climáticas. Com base no padrão de distribuição de pontas individuais, pode-se simular a sobreposição de várias pontas, calculando-se o coeficiente de variação da sobreposição resultante (BAUER; RAETANO, 2004). Diante disso, o estudo dos padrões de deposição das pontas em diferentes configurações se torna importante, principalmente quando levamos em consideração condições ambientais e operacionais contrastantes.

Tendo em vista o exposto, com este trabalho, o objetivo foi avaliar o efeito de diferentes velocidades de vento ambiente (VA) e vento assistente (VX) no perfil de distribuição volumétrico individual e sobreposto de duas pontas de pulverização de jato leque plano.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa (LAMAP) localizado na Universidade Federal do Pampa (Unipampa) na cidade de Alegrete (RS). O pulverizador utilizado foi um exemplar da marca Jacto<sup>1</sup>, modelo Falcon Vortex 600<sup>®</sup>, com 28 bicos de pulverização espaçados em 0,50 m, com largura útil total de 14 m, altura de trabalho de 0,5 a 1,3 m, porta-bicos duplos e 600 litros de capacidade no reservatório de calda, bomba hidráulica de pistão com vazão nominal de 75 L minuto<sup>-1</sup>, sistema de comando mecânico/hidráulico Master Flow<sup>®</sup> e acoplamento montado nos três pontos do sistema hidráulico do trator. O sistema de assistência a ar na barra de pulverização é composto por um ventilador centrífugo acionado hidráulicamente com rotação variável, o qual produz a vazão de ar necessária, sendo esta conduzida por dutos produzidos em material sintético. O sistema é capaz de produzir uma cortina de ar assistente junto à barra de pulverização, com velocidades variando de zero a 28 m s<sup>-1</sup> (MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO, 2006). Para acionar o pulverizador, foi utilizado um trator marca New Holland, modelo TL 75, com 56 kW (75 CV)

<sup>1</sup> A citação de marcas comerciais não implica na sua recomendação (ou não) pelos autores.

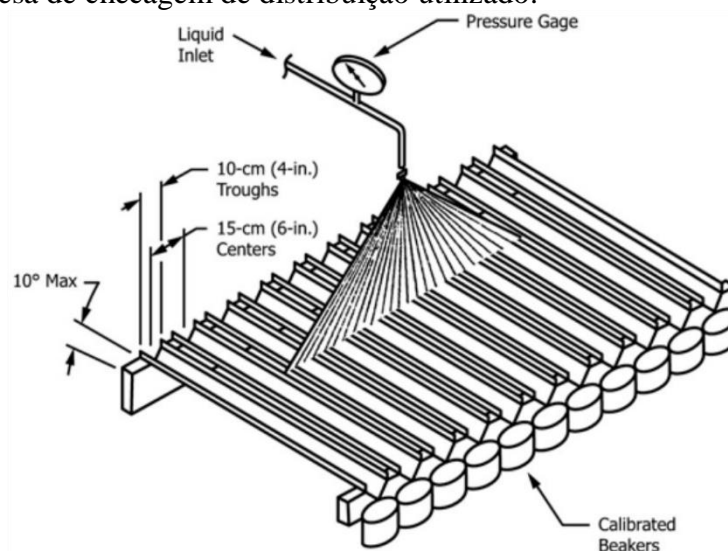
de potência na rotação nominal do motor (540 rpm na TDP).

De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (BRASIL, 2020), as condições meteorológicas externas durante a realização do experimento foram as seguintes: valores médios de temperatura de 13°C, umidade relativa do ar de 81% e velocidade do vento de 0,9 m s<sup>-1</sup>. Os ensaios foram efetuados em ambiente coberto e fechado com o intuito de controlar o efeito do vento ambiente, sendo que os valores internos de umidade e temperatura permaneceram semelhantes aos registrados no exterior do laboratório.

A análise da distribuição volumétrica das pontas de pulverização foi realizada por meio do emprego de mesa de checagem de distribuição, confeccionada com base na norma

E641-01 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2012) (Figura 1), constituída de uma chapa de metal corrugada formando 23 canaletas espaçadas 0,05 m entre si, com uma largura total de 1,15 m, com coletores individuais do líquido pulverizado ao final de cada canaleta. A mesa foi posicionada abaixo da barra de pulverização com a ponta centralizada a uma altura de 0,35 m. Para a coleta do líquido pulverizado (água) seguiu-se a recomendação da norma ISO 5682-1 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1996), que orienta que a coleta seja realizada até que um dos tubos atinja 90% de sua capacidade. Diante disso, levando em consideração as características dimensionais da mesa utilizada, estipulou-se o tempo de 45 segundos.

**Figura 1.** Modelo de mesa de checagem de distribuição utilizado.



Fonte: ASTM E641 (2012).

O volume de cada canaleta foi aferido indiretamente por meio da altura do líquido pulverizado. Para tanto, realizou-se a calibragem individual das canaletas, medindo-se a altura para dois volumes conhecidos: 50 e 100 mL. De posse das respectivas alturas, determinaram-se os dois coeficientes de uma função linear de primeira ordem, que relaciona altura e volume, por meio de uma planilha no MS Excel. Assim, para cada repetição, procedeu-se à leitura visual das alturas do líquido, que foram convertidas em volume pela referida planilha.

Para simular o vento ambiente foram colocados dois ventiladores centrífugos

elétricos de frente para a mesa de distribuição, ambos são da marca Joape modelo Guarujá, de velocidade variável e diâmetro igual a 0,5 m. Para aferição da velocidade do vento do ar assistente e do vento ambiente simulado, utilizou-se anemômetro digital de palhetas, marca Prova, modelo AVM-01. Para tanto, manteve-se o referido aparelho direcionado estaticamente em direção ao vento até que a velocidade exibida na tela do dispositivo se estabilizasse.

Para compor os tratamentos, foram utilizadas três velocidades do ar assistente: 0, 4,16 e 7,77 m s<sup>-1</sup>, combinadas com três velocidades de vento ambiente simulado: 0,

2,22 e 3,33 m s<sup>-1</sup> em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em um total de 36 observações. Foram utilizados dois exemplares de pontas de pulverização de jato leque plano, com ângulo de aplicação de 110° da marca Jacto: ponta API 11003, com vazão de 1,134 L min<sup>-1</sup> e ponta JAP 11002, com vazão de 0,756 L min<sup>-1</sup>, com indução de ar de segunda geração. Utilizou-se a pressão de pulverização de 413,7 kPa.

A partir do padrão de distribuição individual das pontas, foi simulada a sobreposição de várias pontas, como ocorre na barra pulverizadora, conforme Bauer e Raetano (2004). Para tanto, desenvolveu-se um programa computacional utilizando a linguagem computacional GNU Octave. O programa importa os valores dos volumes calculados na planilha MS Excel, simulando a sobreposição de acordo com o número de canaletas em que houve deposição de líquido e o número de canaletas que serão sobrepostas. Por fim, são calculados os coeficientes de variação (CV) para cada repetição, obtidos por meio do desvio padrão dividido pela média do volume coletado. Neste trabalho, foram avaliadas as deposições para pontas espaçadas a 0,50 m.

Com base nos valores de CV resultantes da execução do programa, avaliou-se a uniformidade da distribuição do líquido. Inicialmente, por tratarem-se de dados percentuais, os mesmos foram transformados pelo arco seno raiz da proporção por apresentarem um valor máximo estabelecido (100%) e, em seguida, foi testada a hipótese de normalidade dos dados. Constatada essa condição, os dados foram submetidos à análise da variância e as médias do CV foram comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro, segundo metodologia de Cunha (2008). Para comparação dos CV entre as pontas de pulverização, foi testada a hipótese de homogeneidade das variâncias e utilizado o

teste “T Pareado” ( $\alpha = 0,05$ ) por se tratarem de apenas dois tratamentos submetidos às mesmas condições comparadas aos pares. As análises foram realizadas com o MS Excel.

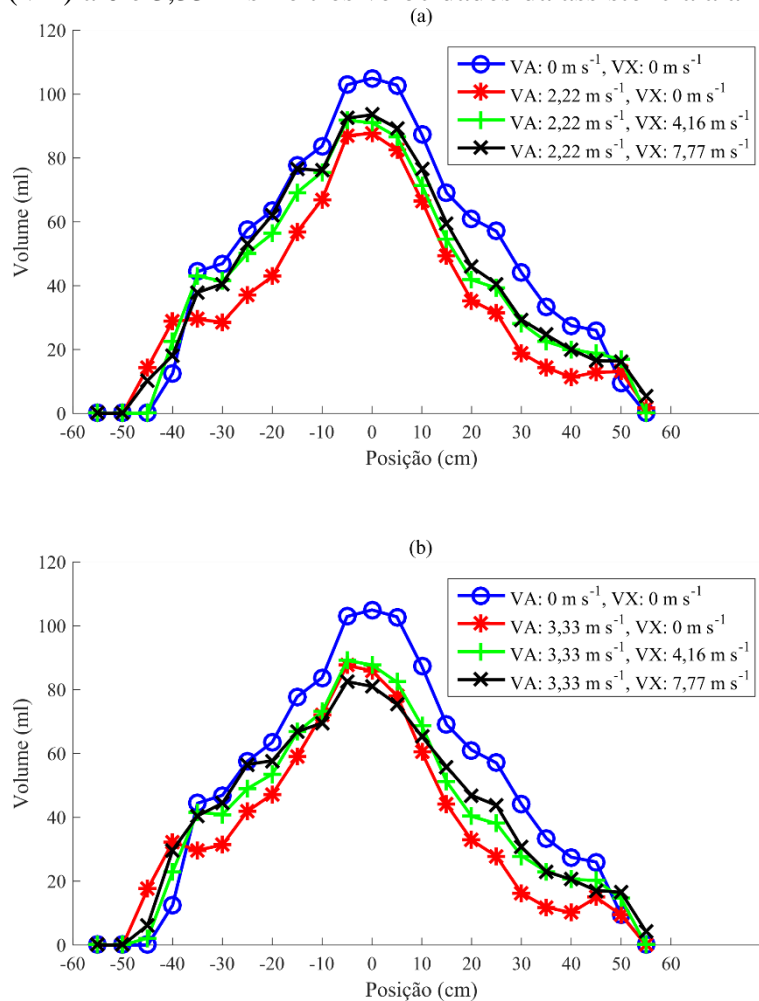
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após transformação, os dados atenderam ao pressuposto de normalidade, o que proporcionou a continuação da análise da variância. O perfil da distribuição volumétrica de cada ponta trabalhando isoladamente a 0,35 m de altura, com as três velocidades de vento ambiente e vento assistente estão apresentadas nas Figuras 2 e 3. Observa-se que ambas as pontas apresentam maior volume de calda no centro com gradativa redução nas extremidades, formando um padrão de distribuição próximo ao triangular. Segundo Lodwik, Pietrzyk e Malesa (2020), é natural que esse tipo de ponta alcance uma distribuição de líquido decrescente, à medida que se afasta do eixo da ponta. Pontas com esse perfil são indicadas para aplicação em área total, com sobreposição dos jatos (MATUO et al., 2001).

Comportamentos semelhantes foram encontrados por Viana et al. (2010) e Ferreira et al. (2011), ao avaliarem o perfil de distribuição de pontas de jato plano. Esses autores observaram que, utilizando pressões a partir de 200 kPa, aumenta-se a faixa de aplicação, havendo maior deslocamento das gotas para as extremidades em função do aumento do ângulo do jato e diminuição do tamanho das gotas.

Para a ponta API 11003 (Figura 2), os perfis com maiores volumes de líquido correspondem às condições em que não há vento, assim, com a adição do vento, houve redução do volume nos perfis. No entanto, pode-se observar na Figura 2a que a assistência a ar permitiu incremento da quantidade de líquido em comparação com o perfil em que há apenas a utilização do vento ambiente.

**Figura 2.** Perfis de distribuição volumétrica da ponta API 11003 trabalhando isoladamente com: (a) vento ambiente (VA) a 0 e 2,22 m s<sup>-1</sup> e três velocidades da assistência a ar (VX); (b) vento ambiente (VA) a 0 e 3,33 m s<sup>-1</sup> e três velocidades da assistência a ar (VX).

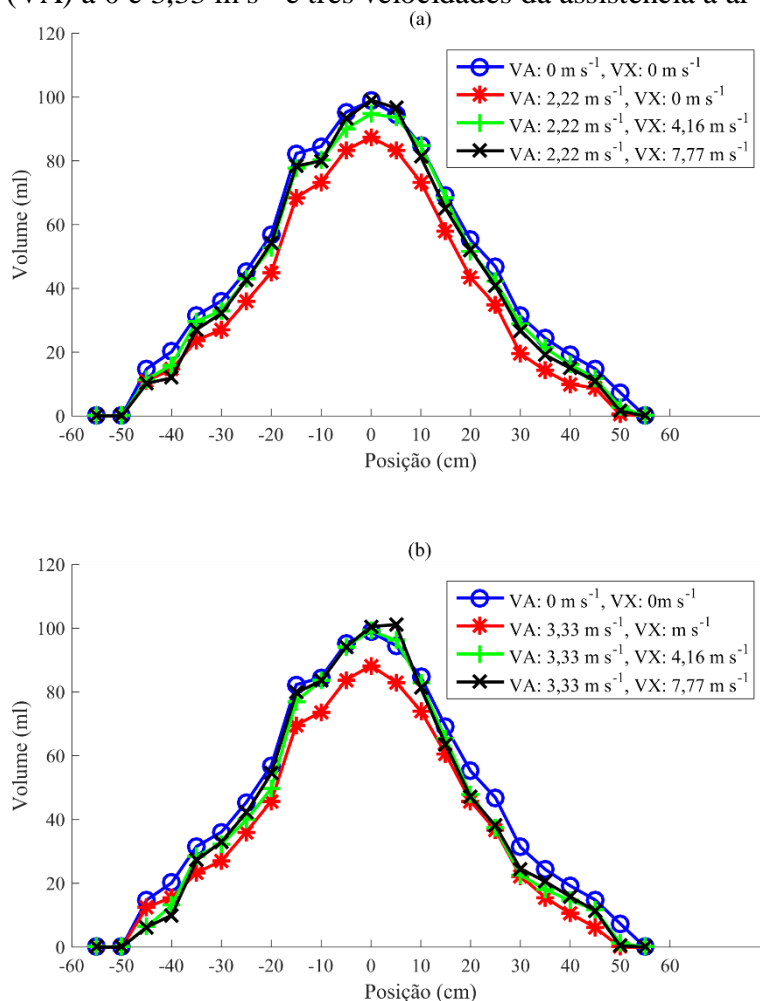


Para a ponta JAP 11002 (Figura 3), os menores volumes de líquido encontram-se nos perfis em que havia apenas vento ambiente, no entanto, adicionando a assistência a ar houve aumento da quantidade de líquido. Fica evidente a eficiência da assistência a ar na presença de vento ambiente, pois permitiu que os perfis se iguallassem àqueles com nenhum tipo de vento.

Gimenes et al. (2012), avaliando a performance da assistência a ar, observaram aumento no volume de calda para ponta de janto plano nos estágios V<sub>4</sub> e V<sub>10</sub> na cultura do milho,

em comparação com a pulverização convencional. Resultados apresentados por Bauer e Raetano (2000) mostram que a utilização da assistência a ar junto à barra de pulverização proporcionou maiores níveis de volume de calda na cultura da soja, principalmente nas posições inferior e média. De acordo com os autores, a ocorrência de maiores depósitos nessas posições está atrelada ao fato da maior movimentação das folhas e do aumento da velocidade das gotas, influenciando na captura das mesmas.

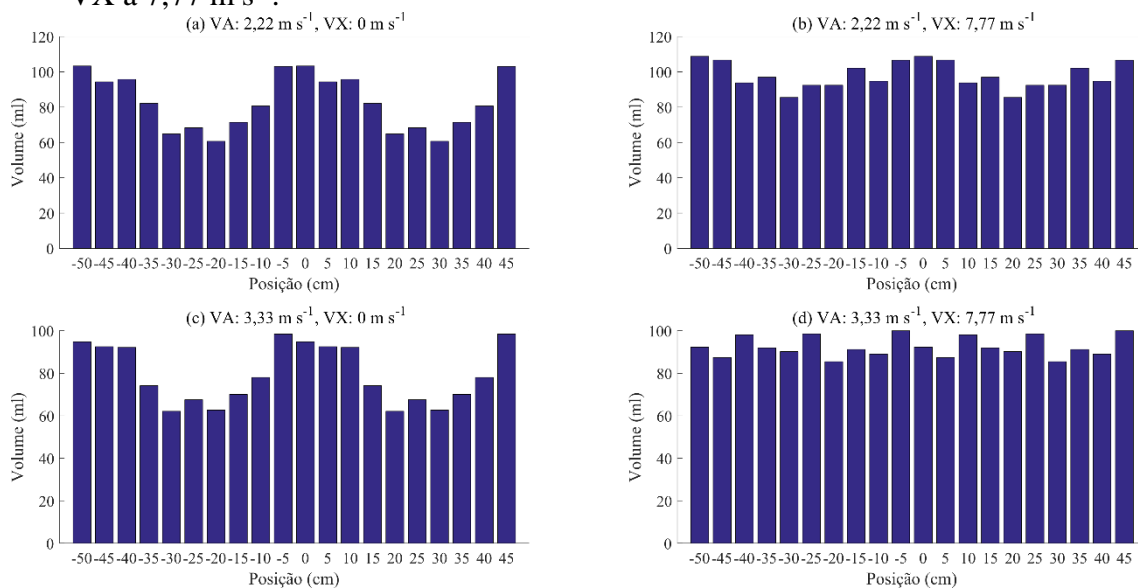
**Figura 3.** Perfis de distribuição volumétrica da ponta JAP 11002 trabalhando isoladamente com: (a) vento ambiente (VA) a 0 e 2,22 m s<sup>-1</sup> e três velocidades da assistência a ar (VX); (b) vento ambiente (VA) a 0 e 3,33 m s<sup>-1</sup> e três velocidades da assistência a ar (VX).



A simulação da sobreposição das pontas na presença de vento ambiente e de assistência de ar com espaçamento de 0,50 m estão apresentadas nas Figuras 4 e 5. Os gráficos expressam na abscissa a posição das canaletas e na ordenada, os volumes de aplicação. Pode-se notar, para a ponta API 11003 (Figura 4), que a

presença da assistência a ar permitiu uma sobreposição mais uniforme, reduzindo as zonas de depressão ao longo da barra permitindo, portanto, boa uniformidade de distribuição do tratamento em área total (BAESSO et al., 2009).

**Figura 4.** Perfis de sobreposição da ponta API 11003, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a  $2,22 \text{ m s}^{-1}$  e VX a  $0 \text{ m s}^{-1}$ ; (b) VA a  $2,22 \text{ m s}^{-1}$  e VX a  $7,77 \text{ m s}^{-1}$ ; (c) VA a  $3,33 \text{ m s}^{-1}$  e VX a  $0 \text{ m s}^{-1}$ ; (d) VA a  $3,33 \text{ m s}^{-1}$  e VX a  $7,77 \text{ m s}^{-1}$ .

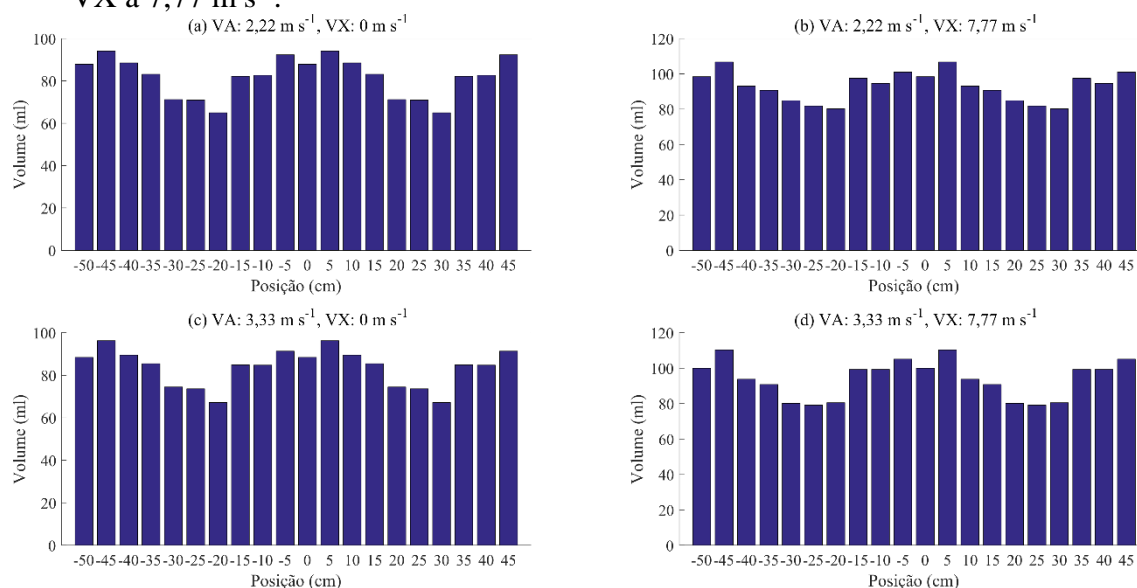


Analisando a sobreposição da ponta JAP 11002 (Figura 5), percebe-se que a utilização da assistência a ar teve menor influência em minimizar as irregularidades ao longo do perfil, no entanto, promoveu aumento do volume de líquido em cada canaleta. Ao comparar as duas pontas na presença do vento ambiente, percebe-se que o modelo JAP 11002 apresentou depressões menos acentuadas, indicando que pontas com indução de ar respondem melhor em condições adversas de trabalho.

Estudos de Costa et al. (2012), ao avaliarem o efeito de pontas e pressões de

pulverização sobre a deriva de glyphosate + 2,4-D, mostraram que os herbicidas estiveram menos propensos à deriva com a ponta de jato plano AI 11002 com indução de ar. De forma semelhante, Costa et al. (2007) concluíram que a ponta de jato plano com indução de ar, modelo AVI 11002, promoveu menores valores de depósitos de deriva em diferentes pressões e intensidade de vento. Isto ocorre devido ao fato das pontas com indução de ar produzirem gotas maiores, fazendo com que sejam menos suscetíveis ao deslocamento pelo vento e volatilização.

**Figura 5.** Perfis de sobreposição da ponta JAP 11002, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a  $2,22 \text{ m s}^{-1}$  e VX a  $0 \text{ m s}^{-1}$ ; (b) VA a  $2,22 \text{ m s}^{-1}$  e VX a  $7,77 \text{ m s}^{-1}$ ; (c) VA a  $3,33 \text{ m s}^{-1}$  e VX a  $0 \text{ m s}^{-1}$ ; (d) VA a  $3,33 \text{ m s}^{-1}$  e VX a  $7,77 \text{ m s}^{-1}$ .



Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados, respectivamente, os coeficientes de variação da distribuição volumétrica das pontas API 11003 e JAP 11002, trabalhando com as três velocidades do vento ambiente e da assistência a ar. Ao analisar individualmente os efeitos do vento ambiente através da média dos coeficientes de variação tem-se que a ausência do mesmo proporcionou os menores valores em ambas as pontas.

Na interação com a assistência a ar, a uniformidade de distribuição com menor coeficiente, considerando a ausência do vento

ambiente, para a ponta API 11003 (Tabela 1) foi verificada com o vento assistente desligado. Os resultados corroboram os de Baesso et al. (2009) que, ao avaliarem o coeficiente de variação volumétrico utilizando assistência a ar sem vento ambiente, também encontraram os menores valores de CV quando o vento assistente estava desligado. Este comportamento sugere que a utilização da assistência a ar de forma isolada tende a prejudicar o formato triangular do jato para essa ponta, comprometendo a uniformidade da sobreposição.

**Tabela 1.** Coeficiente de variação (CV%) da distribuição volumétrica obtido com vento ambiente e vento da assistência a ar para a ponta API 11003.

Vento ambiente ( $\text{m s}^{-1}$ )	Vento assistente ( $\text{m s}^{-1}$ )			Média
	0,0	4,16	7,77	
<b>Coeficiente de Variação (CV%)</b>				
0,0	7,04 Cb	9,30 Aa	8,95 Aa	8,43 C
2,22	18,75 Aa	9,62 Ab	7,75 Bc	12,04 A
3,33	17,59 Ba	10,20 Ab	5,99 Cc	11,26 B
Média	14,46 a	9,71 b	7,56 c	

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúscula, nas linhas, não diferem a nível de 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

Pode-se observar ainda que, com o aumento do vento ambiente, houve diminuição dos valores de CV à medida que foram utilizadas maiores velocidades do vento assistente. Destaque para a assistência a ar de

$7,77 \text{ m s}^{-1}$ , que apresentou CV de 5,99% na máxima velocidade do vento ambiente. Isso ocorre devido ao fato da velocidade do vento gerado pelo pulverizador ser maior que o vento



ambiente (GARCIA et al., 2004), permitindo que as gotas sejam conduzidas ao alvo.

Baesso et al. (2010), ao analisarem a uniformidade de distribuição de ponta de jato leque verificaram que a distribuição volumétrica melhorou com o aumento da rotação do ventilador da assistência a ar, havendo redução do coeficiente de variação de 6,93%, quando o ventilador estava desligado, para 4,08%, com a rotação de 2.800 rpm. Segundo Stanislavski, Antuniassi e Chechetto (2014), a assistência a ar melhora a deposição da pulverização e reduz a deriva, principalmente quando a velocidade do vento ambiente é superior à recomendada.

Na interação entre vento ambiente e assistência a ar para a ponta JAP 11002 (Tabela

2), os menores valores de CV foram encontrados quando ambos estavam na velocidade intermediária: 2,22 e 4,16 m s<sup>-1</sup>, respectivamente. Já para o vento assistente máximo, a uniformidade da distribuição foi menos comprometida com o vento ambiente desligado. Percebe-se ainda que a utilização da assistência a ar mostrou menor influência na redução dos valores do CV na presença do vento ambiente, em comparação com a primeira ponta, indicando que pontas de indução de ar produzem gotas menos propensas à ação dos ventos, constituindo-se em fator auxiliar para redução da deriva nas pulverizações (CUNHA et al., 2003).

**Tabela 2.** Coeficiente de variação (CV%) da distribuição volumétrica obtido com vento ambiente e vento da assistência a ar para a ponta JAP 11002.

Vento ambiente (m s <sup>-1</sup> )	Vento assistente (m s <sup>-1</sup> )			Média
	0,0	4,16	7,77	
	<b>Coeficiente de Variação (CV%)</b>			
0,0	7,68 Cb	10,09 Ba	8,22 Cb	8,68 C
2,22	11,89 Aa	8,37 Cc	9,28 Bb	9,85 B
3,33	10,55 Bb	12,18 Aa	11,36 Aab	11,36 A
Média	10,04 ab	10,22 a	9,62 b	

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúscula, nas linhas, não diferem a nível de 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

Ao considerar apenas o efeito do vento assistente, os resultados indicaram, para ambas as pontas que, quanto maior a velocidade do vento, melhor será a distribuição volumétrica, apresentando, portanto, menores valores de coeficiente de variação. Raetano e Bauer (2003) verificaram que a assistência a ar com plena capacidade do ventilador aumentou os níveis de depósitos na superfície abaxial dos folíolos inferiores do feijoeiro. Christovam et al. (2010), ao comparar a aplicação de produtos fitossanitários utilizando barra de pulverização com e sem assistência a ar na cultura da soja, constataram maiores depósitos de pulverização na superfície abaxial das folhas na velocidade máxima gerada pelo ventilador (8 m s<sup>-1</sup>). Segundo os autores, os maiores níveis dos

depósitos com a maior velocidade do ar podem estar relacionados à maior deflexão do ar junto à superfície do solo.

O resultado da comparação das médias dos CV, utilizando o teste t pareado (Tabela 3), mostra que não houve diferença significativa entre as duas pontas, embora o modelo JAP 11002 apresente menor valor médio de CV. Bauer, Raetano e Pereira (2006), comparando o padrão de distribuição de pontas com e sem indução de ar em diferentes pressões e alturas da barra, também não obtiveram diferenças significativas no CV entre as pontas, no entanto, perceberam que aquelas com indução de ar são mais sensíveis às variações na sobreposição, em relação às pontas sem indução.

**Tabela 3.** Resultado da comparação das médias dos coeficientes de variação (CV%) entre as pontas API 11003 e JAP 11002 pelo teste t pareado.

<b>Informação</b>	<b>Valor</b>
Estatística T	0,9379547
Graus de Liberdade	35
P-valor	0,3546955
Média Ponta API 11003	10,57904
Média Ponta JAP 11002	9,961734
Desvio Padrão	3,948828
Tamanho da Amostra	36
Hipótese Alternativa: Diferente de	0
Nível de Confiança	95%
Limite Inferior	-0,7187875
Limite Superior	1,953395

De maneira geral, a presença da assistência a ar na barra de pulverização influenciou na uniformidade da distribuição volumétrica, corroborando os resultados de Viganò e Raetano (2007), no controle de arroz vermelho e Baesso et al. (2011), que quantificaram e avaliaram a distribuição da pulverização em plantas de feijão. Ambos mostraram que a assistência a ar aumentou a deposição de pulverização, havendo melhor penetração no dossel da cultura, devido ao fato do vento assistente empurrar as gotas durante todo o percurso até chegar ao alvo, reduzindo as perdas por deriva.

#### 4 CONCLUSÕES

A uniformidade de distribuição volumétrica das pontas avaliadas é influenciada pelo vento ambiente e vento assistente.

A assistência a ar junto à barra de pulverização, na presença de vento ambiente, melhorou a distribuição volumétrica de cada ponta, promovendo menores valores de CV, com destaque para a velocidade máxima do vento assistente utilizada. Para a ponta API 11003 a assistência a ar permitiu uma sobreposição mais uniforme, reduzindo as zonas de depressão ao longo da barra.

No perfil de distribuição volumétrico da ponta de indução JAP 11002, observou-se que a assistência a ar aumentou a quantidade de líquido pulverizado em cada canaleta e ainda, apresentou um perfil de sobreposição menos irregular quando da utilização do vento ambiente.

#### 5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E641-01**: Standard Methods for Testing Hydraulic Spray Nozzles Used in Agriculture. West Conshohocken: ASTM, 2012. 6 p.

BAESSO, M. M.; MAGNO JUNIOR, R. G.; TEIXEIRA, M. M.; RODRIGUES JUNIOR, F. A.; RUAS, R. A. A. Avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica de bicos hidráulicos em pulverizador com assistência de ar. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 120-127, 2009.

BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; PAULA JUNIOR, J.; CECOM, P. R. Uniformidade de distribuição de líquido e de ar ao longo da barra de pulverização. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 4, p. 281-287, 2010.

BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; PAULA JUNIOR, T. J.; CECOM, P. R. Uniformity of liquid distribution in the canopy of the bean plant, using the spectrophotometric analysis. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 710-716, 2011.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, 2000.

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

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G.; PEREIRA, F. A. R. Padrões de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano 11002, com e sem indução de ar, sob diferentes espaçamentos e alturas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 546-551, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Estações automáticas**. Brasília, DF: INMET, 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 21 abr. 2020.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

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, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E.; FIORINI, M. V.; SILVA, J. R. M. Efeito de pontas e pressões de pulverização na deriva de glyphosate + 2,4-D em condições de campo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 11, n. 1, p. 62-70, 2012.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R. Análise da distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulicas de jato plano. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 31, n. 1, p. 233-239, 2008.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

FERREIRA, M. C.; LOHMANN, T. R.; CAMPOS, A. P.; VIEL, S. R.; FIGUEIREDO, A. distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 697-705, 2011.

GARCIA, L. C.; RAETANO, C. G.; JUSTINO, A.; PURÍSSOMO, C. Dessecação da aveia-preta (*Avena strigosa Schreb*) com herbicida de contato, em presença ou não de assistência de ar junto à barra do pulverizador, em diferentes volumes de calda. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p.758-763, 2004.

GIMENES JUNIOR, M.; RAETANO, C. G.; POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. S.; REZENDE, D. T.; COSTA, S. I. A. Air-assistance in spray booms which have different spray volumes and nozzle types for chemically controlling *Spodoptera rugiperda* on corn. **Journal of Plant Protection Research**, Botucatu, v. 52, n. 2, p. 247-253, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5682-1**: Equipment for crop protection – Spraying equipment – Part 1: test methods for sprayer nozzles. Geneva: ISO, 1996. 5 p.

LODWIK, D.; PIETRZYK J.; MALESA, W. Analysis of volume distribution and evaluation of the spraying spectrum in terms of spraying quality. **Applied Sciences**, Basiléia, v. 10, n. 2395, p. 1-13, 2020.

MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S/A. **Sistema Vortex**. São Paulo, 2006. 16 p.

MARTINI, A. T.; AVILA, L. A.; CAMARGO, E. R.; MOURA, D. S.; MARCHEZAN, M. G.; PIVETTA, A. P. Influência de adjuvantes e pontas de pulverização na deriva de aplicação do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 375-386, 2015.

MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. *In*: **Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2001. 71 p.

MORAES, E. D.; SAAB, O. J. G. A.; GANDOLFO, M. A.; MARUBAYASHI, R. Y. P.; GANDOLFO, U. D. Potential risk of drift from inclined fan nozzles. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 3, p. 229-233, 2019.

PERECIN, D.; PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; BRAZ, B. A.; PIO, L. C. Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 2, p. 175-182, 1998.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Efeito da velocidade do ar em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, 329-334, 2003.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S.; MACIEL, C. F. S.; ALVARENGA, C. B. Droplets spectrum of air-assisted boom sprayers under different environmental and operational conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 92-96, 2016.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZOLNIER, S. Sistema de resfriamento adiabático do ar para reduzir perdas por evaporação em pulverizadores hidráulicos com assistência de ar na barra. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 37-44, 2019.

- SMITH, D. B. Uniformity and recovery of broadcast sprays using fan nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 35, n. 1, p. 39-44, 1992.
- STANISLAVSKI, W. M.; ANTUNIASSI, U. R.; CHECHETTO, R. G. Umidificação do fluxo de ar em pulverizador de barra com assistência de ar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 48-56, 2014.
- VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELI, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.
- VIGANO, L. S. V.; RAENTANO, C. G. Assistência de ar e volumes de aplicação na deposição de calda e no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa L.*). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p.734-741, 2007.
- VUJČIĆ, B.; TADIĆ, V.; MARKOVIĆ, M.; LUKINAC-ČAČIĆ, J.; STOŠIĆ, M.; PLAŠČAK, I. Impact of technical spraying factors on vertical liquid distribution with agromehanika AGP 440 axial fan sprayer. **Tehnički vjesnik**, Slavonski Brod, v. 22, n. 2, p. 367-373, 2015.