



PAPEL HIDROSSENSÍVEL E ALTERNATIVO FOTOGRÁFICO EM ENSAIOS DE DEPOSIÇÃO DE GOTAS

F. H. R. Baio* ; I. M. Scarpin; E. E. da Silva

UFMS – Univ Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Universitário de Chapadão do Sul,
MS, Brasil

Article history: Received 18 September 2015; Received in revised form 03 November 2015; Accepted 04
November 2015; Available online 09 December 2015.

RESUMO

Muitos ensaios fitotécnicos envolvendo tecnologia de aplicação de agrotóxicos utilizam como alvo artificial para caracterização do espectro de gotas o papel hidrossensível. O objetivo deste trabalho foi comparar os resultados do DMV (Diâmetro Mediano Volumétrico), índice Span (amplitude relativa) e da porcentagem de gotas menores que 100 μm obtidos pelo uso de um papel hidrossensível comercial e de um alternativo fotográfico em relação aos do analisador de partícula por difração laser. Foram utilizados três modelos de pontas: ponta tipo leque comum XR11001; ponta tipo leque com pré-orifício LBD11001; e a ponta tipo leque de grande ângulo com pré-orifício TT11001. A caracterização do espectro de gotas foi realizada por três métodos de mensuração (medidor de partícula a laser, papel hidrossensível comercial e papel fotográfico) e por dois volumes de aplicação (70 e 100 L ha^{-1}). As metodologias pelo uso de papel hidrossensível comercial e pelo uso de papel fotográfico alternativo não conseguem detectar todas as gotas menores que 100 μm , gotas muito finas (ASAE, 2009), afetando a mensuração do DMV, índice Span e do percentual de gotas <100 μm , em ensaios de tecnologia de aplicação utilizando pontas TT, XR e LBD, segundo os volumes de aplicação de 70 e 100 L ha^{-1} . O papel fotográfico alternativo caracteriza de forma semelhante o espectro de gotas em relação ao uso do papel hidrossensível comercial.

Palavras-chave: aplicação de agrotóxicos; espectro de gota; DMV.

WATER SENSITIVE PAPER AND ALTERNATIVE PHOTOGRAPHIC IN DEPOSITION TESTS OF DROPLETS

ABSTRACT

Many phytotechnical trials involving pesticide application technology used as artificial target for spectrum drops characterization the water sensitive paper. The objective of this study was to compare the results of the VMD, Span index and the percentage of drops smaller than 100 μm obtained by the use of commercial water sensitive and photographic alternative papers related to the particle analyzer by laser diffraction. Three models of spray tips were used: flat fan extended range tip XR11001; flat fan pre-orifice tip LBD11001; and wide angle flat spray tips TT11001. The droplets spectrum characterization was performed by three methods (laser particle analyzer, commercial water sensitive paper and photographic paper) and two application rates (70 and 100 L ha^{-1}). The applied methodologies by the use of commercial water sensitive and alternative photographic papers cannot detect all droplets

* fabiobaio@ufms.br

smaller than 100 μm , very fine droplets (ASAE, 2009), affecting the measurement of VMD (Volume Median Diameter), Span index and percentage of droplets $<100 \mu\text{m}$ in application technology trials using TT, XR and LBD spray tips, and according to the 70 and 100 L ha⁻¹ application rates. The alternative photographic paper likewise characterizes the droplet spectrum regarding to the use of commercial water sensitive paper.

Keywords: pesticide application technology; droplet spectrum; VMD.

INTRODUÇÃO

É de extrema importância a caracterização do espectro de gotas geradas por uma ponta utilizada em ensaios fitotécnicos envolvendo tecnologia de aplicação de agrotóxicos, pois permite a comparação ilustrativa de resultados provenientes de situações diversas. Entretanto, BALAN et al. (2012) reportam por um levantamento em duzentos artigos de periódicos nacionais e internacionais que 84,5% desses trabalhos não caracterizaram o espectro de gotas gerado.

De acordo com ANTUNIASSI & BAIO (2009), o tamanho da gota é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso na aplicação de agrotóxico, pois possui influência sobre a deposição e as perdas por deriva. ABI-SAAB (1996) obteve eficácia ao utilizar o papel kromekote como alvo artificial para mensurar por microscopia o DMV (diâmetro mediano volumétrico) e o DMN (diâmetro mediano numérico) de gotas depositadas. O autor atenta ao fato da necessidade do fator de correção do espalhamento sobre cálculo do tamanho da gota.

Muitos experimentos envolvendo tecnologia de aplicação utilizam como alvo artificial para caracterização do espectro de gotas o papel hidrossensível (BALAN et al., 2005; CUNHA et al., 2013). Todavia, o papel mais utilizado é proveniente de um único fabricante de origem, importado e de preço elevado por unidade amostral. Não é recente estudos experimentais em tecnologia de aplicação utilizando o papel kromekote ou papel fotográfico, alternativo ao comercial, com alvo artificial da calda pulverizada contendo corante rodamina (CORRÊA & HELD, 1982).

CHAIM et al. (1999) destacam que o uso de papel sensível a água apresenta limitações de captura de gotas com diâmetros menores que 30 μm . Já HOFFMAN & HEWITT (2005) relatam que há limitações técnicas para mensurações das gotas em papéis hidrossensíveis quando essas forem menores do que 50 μm , pois não há volume de líquido suficiente para demarcar visivelmente o papel. Esse fato é, portanto, pertinente em ensaio experimental onde há aumento do volume de aplicação pelo aumento da pressão utilizando uma mesma ponta, pois esse incremento de pressão eleva a porcentagem de gotas menores que 100 μm , podendo mascarar o resultado da deposição.

Os papéis hidrossensíveis são muito utilizados em ensaios práticos a campo para determinar o tamanho de gotas via programas computacionais, os quais analisam o espalhamento da área molhada sobre o alvo artificial digitalizado. Todavia, CORRÊA & HELD (1982) mostram que o espalhamento da calda sobre o alvo artificial pode ser alterado em função de seu conteúdo químico, afetando o fator de espalhamento. Assim, conseqüentemente, o tamanho das gotas mensuradas pelos programas é influenciando quando da não utilização exclusiva da água como marcador. SCHNEIDER et al. (2013), apontaram o tamanho de gota, a posição da ponta de aplicação com relação ao alvo, a densidade da calda, a velocidade da gota e a direção do fluxo, como os principais fatores que influenciam na eficiência das aplicações.

HIGASHIBARA et al. (2013) utilizaram 490 papéis hidrossensíveis

geoespecializados na geração de um mapa da deposição por uma aplicação de agrotóxicos sobre o solo. Verificaram que aproximadamente 90% da área obteve deposição variando entre 40% a 80%, ilustrando que mesmo sob condições operacionais adequadas, as aplicações com pulverizadores de barras são desuniformes.

NASCIMENTO et al. (2013) relatam que são importantes os seguintes fatores quando do uso de papéis hidrossensíveis: número mínimo de cartões para diminuir o erro amostral; umidade relativa do ar adequada de forma a não colorir o cartão erroneamente; presença de adjuvante na calda afeta o fator de espalhamento; volume de aplicação elevado unifica as gotas impossibilitando sua leitura pelo programa; gotas menores que 50 µm não marcam o papel; e por ser

um alvo artificial e não possui a mesma anatomia do alvo da aplicação.

BALAN et al. (2005) fizeram uso de cartolina branca como alvo artificial para deposição das gotas. Esses autores utilizaram tinta látex a 0,5% para colorir as tiras de papel. As tiras de papel hidrossensíveis comerciais são semirrígidas e com uma camada do indicador azul de bromofenol de cor amarela que se torna azul ao entrar em contato com a água devido a elevação do pH acima de 4,6 (NASCIMENTO et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi comparar os resultados do DMV, índice Span e da porcentagem de gotas menores que 100 µm obtidos pelo uso de um papel hidrossensível comercial e de um alternativo fotográfico em relação aos do analisador de partícula por difração laser.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Aplicação da UFMS, Campus de Chapadão do Sul/MS. Foram comparados ao método controle por medidor de partícula laser dois tipos de papéis alvo em ensaios de deposição de gotas, o papel hidrossensível comercial do fabricante Syngenta® e o papel fotográfico alternativo do fabricante Kodak®. O papel fotográfico foi colorido na pulverização pela utilização de uma solução contendo corante azul, adicionando-se tinta de marca Xadrez® na concentração de 2,5%.

O ensaio foi realizado variando-se dois volumes de aplicação: 70 L ha⁻¹ (na pressão de 100 kPa); e 100 L ha⁻¹ (na pressão de 220 kPa). Volumes de aplicação diferentes alteram a área de depósitos das gotas sobre o alvo. Foi adotado o delineamento experimental em blocos ao acaso no esquema fatorial 3 x 2 na condução dos trabalhos, onde haviam três métodos de mensuração por dois volumes de aplicação. Foram obtidas vinte repetições em cada tratamento. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk pelo programa Sisvar 5.4

(FERREIRA, 2011). Os dados foram submetidos à análise de variância, os efeitos dos tratamentos foram avaliados pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância.

Após a pulverização em cada bloco experimental, os papéis amostrados foram digitalizados com uma resolução de 1.200 dpi pelo uso de um escâner de mesa da HP e as imagens foram analisadas por um programa computacional Gotas (EMBRAPA, 2015). O mesmo ensaio comparativo foi repetido pela utilização de três modelos de pontas proporcionando gotas finas, de acordo com os fabricantes, segundo a pressão de 275,8 kPa (40 lb pol⁻²) (ASAE S572.1, 2009). Os modelos de pontas adotados possuíam tecnologias diferentes na geração de gotas, e, portanto, seus resultados foram analisados separadamente: ponta tipo leque comum de uso ampliado Teejet XR11001 (XR); ponta tipo leque com pré-orifício KGF LBD11001 (LBD); e a ponta tipo leque de grande ângulo com pré-orifício Teejet TT11001 (TT).

Segundo a Norma ASAE S572.1 (2009), o espectro de gotas deve ser mensurado para fins de classificação de referência por um instrumento baseado em tecnologia laser, seja ele por técnica de difração laser, imagem laser ou mensuração do efeito Doppler por laser. Foram mensurados o DMV, o índice Span e a percentagem de gotas menores que 100 μm (aquelas mais propensas à deriva e com mais dificuldades de serem mensuradas pelo uso do papel hidrossensível). O índice Span, também conhecido como amplitude relativa, reporta sobre a homogeneidade da população de gotas, sendo mais homogêneo o espectro de gotas quanto menor o valor. Os parâmetros do espectro de gotas de referência comparativa geradas pelas pontas foram mensurados por um analisador de partículas por difração laser modelo Spraytec, da Malvern (Malvern, Inglaterra). O laudo de calibração desse equipamento mostra um erro de 0,074%.

A aplicação da calda foi realizada pela utilização de um trator Valtra modelo BL88 acoplado a uma plataforma traseira para manter a velocidade constante na aplicação em $1,1 \text{ m s}^{-1}$ (ou 4 km h^{-1}) sobre os papéis alvo. O pulverizador utilizado em ensaios experimentais pressurizado por dióxido de carbono (CO_2) foi do fabricante

Herbicat (Catanduva, SP). A esse pulverizador foi acoplada uma barra contendo seis pontas de pulverização mantidas a uma altura de 0,5 m sobre os papéis. O volume de calda utilizado em cada repetição correspondia até a metade do volume total do reservatório do pulverizador pressurizado por CO_2 de forma a possibilitar a manutenção mais uniforme da pressão no circuito hidráulico (GABRIEL & BAILO, 2013), e conseqüentemente, no tamanho de gota.

A pressão de trabalho do pulverizador foi monitorada de forma a permitir a repetição amostral por instrumentação eletrônica utilizando transdutor de pressão de 827 kPa da marca Endress House, modelo TPMP131, com acurácia maior que 0,5%. Esse sensor foi ligado à porta analógica do coletor de dados Campbell Scientific, modelo CR 1000. A pressão foi monitorada em tempo real durante o ensaio pela interface computacional do programa PC200W.

Foram também monitorados a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento. Foram utilizados o anemômetro digital portátil da marca Instrutherm, modelo AD-250 e o termo-higrômetro da marca Instrutemp, modelo TH802A.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todo o período experimental, observou-se que a umidade relativa do ar variou entre 60 e 75%, a temperatura entre 23 a 27°C e velocidade do vento entre 0,0 a $0,7 \text{ m s}^{-1}$ ($0,1$ a $2,4 \text{ km h}^{-1}$). BALAN et al. (2012) apresentam uma proposta de padronização dos resultados de trabalhos em tecnologia de aplicação. Esses autores sugerem a apresentação das informações das características das pontas de pulverização, concentração da calda pulverizada, volume de aplicação, pressão de trabalho e condições meteorológicas no momento da aplicação.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, a ponta do tipo

leque de grande ângulo com pré-orifício TT produziu gotas grossas ($317,85 \mu\text{m}$) pulverizando o volume de aplicação de 70 L ha^{-1} e gotas médias ($231,05 \mu\text{m}$) pulverizando o volume de aplicação de 100 L ha^{-1} , exatamente como apresentado pelo prospecto do fabricante nas pressões de trabalho de 100 e 220 kPa, uma vez que ao aumentar a pressão do circuito hidráulico há diminuição do tamanho de gota. Partindo da metodologia por difração laser como referência, o uso do papel comercial apresentou DMV maior do que o esperado pulverizando 70 L ha^{-1} e semelhante ao esperado pulverizando 100 L ha^{-1} . Já pelo uso do papel alternativo fotográfico, o

DMV apresentado foi igual ao apresentado pelo papel comercial somente quando foi pulverizado 70 L ha⁻¹. Ao aumentar a pressão de trabalho do pulverizador possibilitando o incremento do volume de aplicação de 70 para 100 L ha⁻¹, observou-se que houve redução do tamanho de gotas por todas as metodologias. NASCIMENTO et al. (2013) reportam que existe um número mínimo amostral de papéis hidrossensíveis para diminuir o erro amostral em ensaios com tecnologia de aplicação. CHAIN et al. (1999) também encontraram diferenças na comparação do DMV mensurado pelo uso do papel hidrossensível como algo e de uma lâmina

coberta por uma camada de óxido de magnésio (MgO). Os autores observaram que gotas muito finas não conseguem penetrar totalmente na camada do MgO do alvo, de forma a marcar sua superfície, dificultando a identificação da gota. CUNHA et al. (2013) compararam quatro programas computacionais para mensuração do DMV e observaram que houveram diferenças com a metodologia manual em todos os tratamentos, levando a variação do coeficiente de correlação entre os métodos de 0,67 a 0,94. Devido as dissimilaridades, os autores advertem a não comparação dos resultados obtidos por diferentes programas.

Tabela 1. Interação entre a variação do volume de aplicação (L ha⁻¹) e do método de mensuração do DMV, índice Span e percentagem de gotas menores que 100 µm utilizando a ponta do tipo leque de grande ângulo com pré-orifício TT

	DMV (µm)			Índice Span			% Gotas <100 µm		
	70	100	Média	70	100	Média	70	100	Média
Laser	317,85 bA	231,05 bB	274,45	1,61	1,75	1,67 a	5,63	10,15	7,89
PCom.	370,66 aA	254,90 bB	312,78	0,65	0,66	0,65 b	4,36	9,26	6,81
PAlt.	346,59 abA	301,19 aB	323,89	0,62	0,74	0,68 b	5,77	8,94	7,36
Média	345,03	262,38		0,96 B	1,05 A		5,25 B	9,45 A	
CV (%)		13,52			16,68			85,15	
Fator F _{Met}		0,0000**			0,0000**			0,7444 ^{ns}	
Fator F _{Vol}		0,0000**			0,0054**			0,0004**	
Fator F _{MxV}		0,0009**			0,1722 ^{ns}			0,8095 ^{ns}	
DMS(Met.)		25,73			0,13			4,70	
DMS(Vol.)		30,85			0,11			3,92	

PCom. = Papel Comercial; PAlt. = Papel Alternativo; Met. = Método de análise; Vol. = Volume de aplicação; Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade.

Não houve interação significativa entre a variação dos tratamentos volume de aplicação e método utilizado, segundo o uso da ponta leque de grande ângulo com pré-orifício. Todavia, ambos os métodos de mensuração do Span utilizando papel como alvo diminuiram esse índice (Tabela 1), mostrando que há uma tendência de mascaramento da homogeneidade do espectro de gotas gerado em comparação à técnica por difração laser. Portanto, há uma tendência pelo uso do papel diminuir a

percentagem das gotas menores (D₁₀) e maiores no espectro (D₉₀), seja por não marcar o papel com gotas mais finas (<100 µm) ou por unir gotas mais grossas fazendo com que elas sejam excluídas da análise pelo programa computacional, respectivamente. Ainda, ao aumentar a pressão para aumentar o volume de aplicação, há diminuição da homogeneidade do espectro de gotas geradas, piorando a qualidade da aplicação, ou seja, há o aumento da percentagem de

gotas geradas mais discrepantes que o DMV.

Segundo ARVIDSSON et al. (2011), a propensão à deriva agrícola pode ser expressa simplesmente pela fração total das gotas pulverizadas menores que 100 μm , assim, quanto maior esse percentual, maior a ocorrência de deriva. A Tabela 1 também apresenta que ao aumentar a pressão do sistema para que houvesse aumento do volume de aplicação, há aumento da produção de gotas menores que 100 μm , ou seja, há aumento do risco de deriva agrícola. Todas as metodologias apresentaram a mesma capacidade de mensuração desse fator, quando do uso da ponta TT.

A ponta tipo leque comum XR produz gotas finas tanto no volume de aplicação de 70 L ha^{-1} quando no de 100 L ha^{-1} (Tabela 2), também concordando com o apresentado pelo prospecto do fabricante. Embora, tenha ocorrido diminuição do valor numérico do tamanho de gota ao aumentar a pressão de 100 para 220 kPa, houve manutenção da classe de tamanho

de gotas (finas) de acordo com a Norma ASAE S572.1 (2009), pelo método da mensuração por difração laser. Pelo uso do papel comercial e a ponta XR, não foi possível identificar modificação do tamanho de gota ao aumentar a pressão do circuito hidráulico do pulverizador. Essa constatação remete ao fato da inadequação do uso de papéis hidrossensíveis para caracterização do tamanho de gotas em experimentos agrícolas em função da discrepância dos resultados em relação à metodologia de referência, assim como preconiza a Norma ASAE S572.1 (2009). SCHNEIDER et al. (2013) reportam sobre a classe do tamanho de gota geradas pela ponta tipo leque comum XR como gota média na pressão de trabalho de 193 kPa, enquanto que o fabricante reporta em seu prospecto que a classe do tamanho de gota dessa ponta é fina. Esse contraste também ilustra a tendência do aumento do tamanho de gota avaliado quando do uso de papel hidrossensível em relação à metodologia de referência.

Tabela 2. Interação entre a variação do volume de aplicação (L ha^{-1}) e do método de mensuração do DMV, índice Span e percentagem de gotas menores que 100 μm utilizando a ponta tipo leque comum XR

	DMV (μm)			Índice Span			% Gotas <100 μm		
	70	100	Média	70	100	Média	70	100	Média
Laser	164,63 bA	132,09 cB	148,36	1,11 aB	1,22 aA	1,16	12,66	29,26	20,96 a
PCom.	200,55 aA	195,92 aA	198,23	0,67 bA	0,62 cA	0,64	9,11	21,44	15,27 b
PAlt.	201,75 aA	148,85 bB	175,30	0,53 cB	0,77 bA	0,65	8,23	24,85	16,54 b
Média	188,98	158,98		0,77	0,86		10,00 B	25,18 A	
CV (%)	8,60			15,50			43,35		
Fator F_{Met}	0,0000**			0,0000**			0,0030**		
Fator F_{Vol}	0,0000**			0,0000**			0,0000**		
Fator F_{MxV}	0,0000**			0,0000**			0,3542 ^{ns}		
DMS(Met.)	11,24			0,09			5,72		
DMS(Vol.)	9,37			0,08			4,78		

PCom. = Papel Comercial; PAlt. = Papel Alternativo; Met. = Método de análise; Vol. = Volume de aplicação; Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade.

Pelos resultados apresentados na Tabela 2 a homogeneidade do espectro das

gotas geradas pela ponta tipo leque comum XR também foi deteriorada ao aumentar a

pressão do circuito hidráulico. Entretanto, pelo uso do papel comercial, esse fato não foi observado. Pelo uso do papel alternativo fotográfico foi possível mensurar essa deterioração da homogeneidade do espectro de gotas, mas ainda assim, menor do que aquela mensurada pela metodologia de referência por difração a laser. Assim como no uso da ponta TT, a ponta XR também apresenta aumento da produção de gotas menores que 100 μm ao se aumentar a pressão. Pelo uso da metodologia da difração laser na análise do espectro de gotas produzidas pela ponta XR observa-se um aumento de 31,8% nessa percentagem de gotas muito finas mensuradas, realçando a deficiência na mensuração desse índice pelo uso de papéis artificiais em experimentos com tecnologia de aplicação.

A ponta tipo leque com pré-orifício LBD produz gotas finas tanto no volume de aplicação de 70 L ha^{-1} quando no de 100 L ha^{-1} (Tabela 3), também concordando com o apresentado pelo prospecto do fabricante. Assim como no uso da ponta XR, embora tenha ocorrido diminuição do valor numérico do tamanho de gota ao

aumentar a pressão de 100 para 220 kPa, houve manutenção da classe de tamanho de gotas (finas) de acordo com a Norma ASAE S572.1 (2009), pelo método da mensuração por difração laser. E assim como no uso das pontas TT e XR, o método por difração laser apresentou DMV inferiores aos mensurados pelo uso dos papéis hidrossensível e alternativo fotográfico, ratificando a impossibilidade do uso de papéis hidrossensíveis para caracterização adequada do tamanho de gotas em experimentos agrícolas em função da discrepância dos resultados em relação à metodologia de referência para esse tipo de ensaio. Assim como com as outras pontas, a homogeneidade do espectro das gotas geradas pela ponta LBD mensurada pelo índice Span também foi deteriorada ao aumentar a pressão do circuito hidráulico. Houve também o aumento da produção de gotas menores que 100 μm ao se aumentar a pressão. Pelo uso da metodologia da difração laser na análise do espectro de gotas produzidas pela ponta LBD observa-se um aumento de 38,6% nessa percentagem de gotas muito finas mensuradas.

Tabela 3. Interação entre a variação do volume de aplicação (L ha^{-1}) e do método de mensuração do DMV, índice Span e percentagem de gotas menores que 100 μm utilizando a ponta tipo leque com pré-orifício LBD

	DMV (μm)			Índice Span			% Gotas <100 μm		
	70	100	Média	70	100	Média	70	100	Média
Laser	159,83 Ba	134,78 bB	147,30	1,10	1,18	1,44 a	14,64	26,12	20,38 a
PCom.	195,00 aA	152,07 aB	173,53	0,52	0,66	0,58 c	9,55	19,25	14,40 b
PAlt.	200,18 aA	147,01 abB	173,60	0,62	0,72	0,67 b	10,44	21,49	14,96 b
Média	185,00	144,62		0,74 B	0,85 A		11,54 B	22,28 A	
CV (%)	10,03			12,54			30,54		
Fator F_{Met}	0,0000**			0,0000**			0,0000**		
Fator F_{Vol}	0,0000**			0,0000**			0,0000**		
Fator F_{MxV}	0,0009**			0,1897 ^{ns}			0,7245 ^{ns}		
DMS(Met.)	12,41			0,07			3,88		
DMS(Vol.)	10,35			0,06			3,23		

PCom. = Papel Comercial; PAlt. = Papel Alternativo; Met. = Método de análise; Vol. = Volume de aplicação; Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade.

O valor numérico do índice Span obtido pela ponta tipo leque de pré-orifício LBD ensaiada foi semelhante o índice obtido pela ponta tipo leque comum de uso ampliado XR. Essa constatação contraria o esperado segundo a tecnologia de construção dessa ponta com pré-câmara (TEEJET, 2015), a qual possibilita uma maior homogeneização do espectro de gota em função da menor pressão dentro da ponta, assim como ocorreu nessa mesma comparação com a ponta TT, já que o pré-orifício restringe a vazão de entrada da calda.

Segundo NASCIMENTO et al. (2013), o cartão de papel hidrossensível pode ser uma ferramenta bastante importante em campo na comparação das variáveis (% de cobertura, gotas cm^{-2} e DMV), geradas pelas gotas oriundas de pontas de pulverização. Entretanto, tanto o papel hidrossensível comercial como o papel fotográfico alternativo não

CONCLUSÕES

As metodologias pelo uso de papel hidrossensível comercial e pelo uso de papel fotográfico alternativo não detectam todas as gotas muito finas afetando a mensuração do DMV, índice Span e do percentual de gotas $<100 \mu\text{m}$, em ensaios de tecnologia de aplicação utilizando

AGRADECIMENTOS

À Fundect e ao CNPq pelo aporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ABI-SAAB, O.J.G. **Avaliação de um sistema utilizado em videiras no município de Londrina/PR**. Botucatu: UNESP, 1996. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1996.

ANTUNIASSI, U.R.; BAIO, F.H.R. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Org.) **Manual de manejo e controle de plantas**

representaram cientificamente o DMV, o índice Span e o percentual de gotas $<100 \mu\text{m}$ em 91,7% dos tratamentos ensaiados. Contudo, o custo de aquisição de um analisador de partícula por difração laser ou equivalente como determina a Norma ASAE S572.1 (2009) é elevado, dificultando o uso científico na área. Dessa forma, é importante que os fabricantes publiquem para cada modelo de ponta a tabela ou gráfico relacionado pressão e DMV, possibilitando a melhor escolha por parte do técnico em campo, como também dispensando o uso de papel hidrossensível em experimentos fitotécnicos científicos.

Os resultados obtidos pelo uso do papel fotográfico alternativo apresentaram igualdade aos obtidos pelo uso do papel hidrossensível comercial em 76,9% dos tratamentos ensaiados, ilustrando ser promissora a substituição desse último em ensaios de campo, diminuindo os custos na avaliação.

pontas TT, XR e LBD, segundo os volumes de aplicação de 70 e 100 L ha^{-1} .

O papel fotográfico alternativo caracteriza de forma semelhante o espectro de gotas em relação ao uso do papel hidrossensível comercial.

daninhas. 2.ed. Passo Fundo: Embrapa, 2009, p.173-212.

ARVIDSSON, T.; BERGSTRÖM, L.; KREUGER, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. **Pesticide Management Science**, v. 67(5): 586-598, 2011.

ASAE S572.1. **Spray nozzle classification by droplet spectra**. In: ASABE Standards MAR2009. St. Joseph, 2009. 4p.

- BALAN, M.G.; ABI-SAAB, O.J.G.; MACIEL, C.D.G.; OLIVEIRA, G.M. Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para artigos técnico científicos que tratam da avaliação de aplicações de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11(1): 126-138, 2012.
- BALAN, M.G.; ABI-SAAB, O.J.G.; FONSECA, I.C.B.; SILVA, C.G.; SASAKI, E.H. Pulverização em alvos artificiais: avaliação com o uso do software conta-gotas. **Ciência Rural**, v. 35(4): 916-919, 2005.
- 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(6): 963-969, 1999.
- CORRÊA, H.G.; HELD, J. Produção e utilização de gotas com diâmetro uniforme. **Bragantia**, v. 41 (1): 1-9, 1982.
- CUNHA, J.P.A.R.; FARNESE, A.C.; OLIVET, J.J. Computer programs for analysis of droplets sprayed on water sensitive papers. **Planta Daninha**, v. 31(3): 715-720, 2013.
- EMBRAPA. **Software Gotas**. 2010. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/novidades/sof_gota.html>. Acesso em: 05 jun 2015.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 5(6): 1039-1042, 2011.
- GABRIEL, R.R.F.; BAIO, F.H.R. Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO₂. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43(2): 164-169, 2013.
- HIGASHIBARA, L.R.; OLIVEIRA, G.M.; BALAN, M.G.; FONSECA, I.C.B.; ABI-SAAB, O.J.G. Surface distribution of drops applied on the ground with sprayer. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 6(1): 91-94, 2013.
- HOFFMAN, W.C.; HEWITT, A.J. Comparison of three imaging systems for water sensitive papers. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 21(6): 961-964, 2005.
- NASCIMENTO, A.B.; OLIVEIRA, G.M.; FONSECA, I.C.B.; ABI-SAAB, O.J.G.; CANTERI, M.G. Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação. **Semina**, v. 34(6): 2687-2696, 2013.
- SCHNEIDER, J.L.; OLIVEIRA, G.M.; BALAN, R.E.; CANTERI, M.G.; ABI-SAAB, O.J.G. Cobertura de gotas de pulverização obtida com diferentes pontas e taxas de aplicação na parte aérea da cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 43(5): 797-802, 2013.
- TEEJET. **Guia do usuário para bicos de pulverização**. 2006. Disponível em: <http://www.teejet.com/media/350060/lms112_20users_20guide_20portuguese.pdf>. Acesso em: 05 jun 2015.