

ESPECTRO DE GOTAS DA CALDA DE PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS

***FELIPE ALVES GOMES¹(IC), MATEUS PROLO MASSOLA²(PG), LUANA DE LIMA LOPES³(PG),
ELTON FIALHO DOS REIS⁴(PQ)**

¹ Graduando em Eng. Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, felipegyn_171@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás,

³ Eng. Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás,

⁵ Eng. Agrícola, Docente - Doutor. Universidade Estadual de Goiás,

Resumo: Entre os vários fatores que influenciam as aplicações de fitossanitários, destacam-se as perdas por deriva, sendo estas influenciadas pelo vento e pela temperatura do ar. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de adjuvantes em diferentes temperaturas do ar em torno do bico de pulverização na redução de perdas da calda de pulverização. Os ensaios foram realizados no laboratório de Eng. Agrícola do Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás em Anápolis-GO. Utilizou-se uma estrutura para atuar como isolante térmico do sistema de pulverização com barra protegida permitindo a variação da temperatura em volta do bico (Teejet - TXA 800050 VK). O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, com parcelas constituídas pelas temperaturas do ar próximo ao bico (14, 19, 24, 29 e 34°C) e as subparcelas os quatro Adjuvantes mais água (testemunha), segundo delineamento em blocos casualizados, com 03 repetições, totalizando 75 unidades experimentais. Após pulverização as etiquetas de papel hidrossensíveis foram escaneadas e analisadas com o uso do software "CIR". Os resultados mostraram que a temperatura do ar e os adjuvantes influenciaram no espectro das gotas. Os diâmetros da mediana volumétrica apresentaram-se maiores nas menores temperaturas.

Palavras-chave: Adjuvantes. DMV. DMN. Temperatura.

Introdução

De todas as formas de controle dos agentes nocivos às culturas, o uso de produtos fitossanitários tem sido o principal método de controle, sendo a maior parte destes produtos aplicados por via líquida. A aplicação fitossanitária via líquida consiste na colocação das gotas pulverizadas sobre o alvo. Porém, tal processo é conhecido pela sua baixa eficiência, por não se conseguir atingir o alvo de forma uniforme, podendo resultar, muitas vezes, em um controle inadequado, com desperdício de produtos fitossanitários e contaminação ambiental (NASCIMENTO et al., 2013).

A preocupação com os danos ambientais causados pelo uso excessivo de agrotóxicos é crescente, exige cada vez mais uma dose precisa dos ingredientes ativos, com o conhecimento do espectro de gotas (VANELLA et al., 2011).

Na seleção do melhor tamanho de gotas para realizar a aplicação de agrotóxicos, é necessário considerar os fatores meteorológicos. No Brasil, as aplicações têm sido realizadas em diferentes horários durante o dia e a noite. As perdas por evaporação de gotas nas horas de maior temperatura e menor umidade relativa, é um potencial risco de deriva das gotas pulverizadas (SASAKI et al., 2016).

Conhecer detalhadamente o comportamento do espectro de gotas proporcionado pelas pontas hidráulicas é fundamental, haja vista que o tamanho das gotas influência na eficiência da pulverização e na eficácia do controle dos agentes nocivos às culturas, bem como nos possíveis impactos ambientais e perdas de produto (SASAKI et al., 2016). O tamanho de gotas é muito importante, considerando-se que existe uma variação do alvo e das condições climáticas. Porém, a maioria dos agricultores não se atenta para esse fator, realizando aplicações com baixa eficiência e com alto potencial de deriva (CHECHETTO et al., 2013).

As características físicas da calda são fatores que interferem diretamente no espectro de gotas formado por pontas de pulverização (MOTA e ANTUNIASSI, 2013). Algumas tecnologias têm sido pesquisadas e incorporadas à pulverização, visando a auxiliar na aplicação correta de defensivos agrícolas, dentre elas tem se ressaltado o uso dos adjuvantes agrícolas (SASAKI et al, 2015). Entretanto, segundo relatos deste mesmo autor e Costa et al. (2014), ainda se carece de informações sobre o efeito destes produtos, e que também são escassos os estudos disponíveis a esse respeito no Brasil.

Os tubos de vórtices são dispositivos mecânicos que operam através da introdução de um fluxo de gás comprimido, sendo que ele possibilita a divisão deste fluxo em duas parcelas: um fluxo de alta temperatura e um fluxo de baixa temperatura. Segundo Queiroz e Reis (2015) a utilização do tubo de vórtice mostrou-se satisfatória para resfriamento do ar em torno do bico de pulverização. Assim, este dispositivo tornou possível a simulação de diferentes temperaturas ambientais, fato ocorrente e relevante na tecnologia de aplicação.

Para a agricultura é de fundamental importância o avanço nos estudos de técnicas que minimizem as perdas devido à evaporação, carregamento pelo vento e

escorrimento de produtos, em aplicações de agrotóxicos, reduzindo custos e contaminação ambiental. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de adjuvantes em diferentes temperaturas do ar em torno do bico de pulverização na redução de perdas da calda de pulverização.

Material e Métodos

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Vegetais, do curso de Engenharia Agrícola, pertencente ao Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás – UEG, Anápolis/GO. Para variação das temperaturas do ar em volta do bico de pulverização foi necessário uma estrutura para atuar como isolante térmico do sistema de pulverização com barra protegida permitindo a variação da temperatura em volta do bico, sendo de material isolante (isopor) de 50 mm de espessura (QUEIROZ, 2009).

O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizados com esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas são constituídas das temperaturas do ar próximo ao bico (14, 19, 24, 29 e 34°C) e as subparcelas foram constituídas por quatro Adjuvantes (BreakThru[®], Haiten[®], Iharaguen-S e Orix[®]) e água como testemunha, com 03 repetições, totalizando 75 unidades experimentais.

A obtenção das formulações propostas para os adjuvantes foram feitas pelo uso dos produtos comerciais BreakThru[®] (Polímero siliconado - 100%), Haiten[®] (Polioxietileno aquil fenol éter- 20%), Iharaguen-S (Polioxietileno aquil fenol éter – 20%) e Orix[®] (Óleo Mineral – 80%) utilizando a dose recomendada pelo fabricante para aplicação terrestre.

Tabela 1. Descrição dos adjuvantes que serão utilizados na deposição e espectro de gotas com as respectivas formulações e concentrações.

Adjuvante	Formulação	Concentração (mL/L)
BreakThru [®]	Polímero siliconado - 100%	1,00
Haiten	Polioxietileno aquil fenol éter- 20%	0,15
Iharaguen-S	Polioxietileno aquil fenol éter – 20%	0,10
Orix	Óleo Mineral – 80%	10,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

O tubo de vórtice foi utilizado com base na capacidade de resfriamento e/ou aquecimento do ar. Foi utilizado um tubo de vórtice série 3200, modelo 3240 do fabricante ZAIR Corporation e um compressor de ar SCHULZ de alta pressão, 34 $\text{Nm}^3 \text{h}^{-1}$ (20 scfm), permitindo obter temperaturas de ar na saída do tubo entre -10 e 125°C. O compressor foi utilizado para fornecer alimentação de ar comprimido para o tubo de vórtice, mantendo uma alimentação de ar a uma pressão de 690 kPa e vazão de 34 $\text{Nm}^3 \text{h}^{-1}$ (20 scfm).

O esquema do fluxo de funcionamento do conjunto principal dos equipamentos e componentes que foram utilizados no experimento é apresentado na Figura 1. Esta figura representa o conjunto pulverizador e sua conexão com a estrutura rolante protegida e o sistema de alimentação de ar comprimido no tubo de vórtice utilizado para refrigerar o ambiente dentro da estrutura.

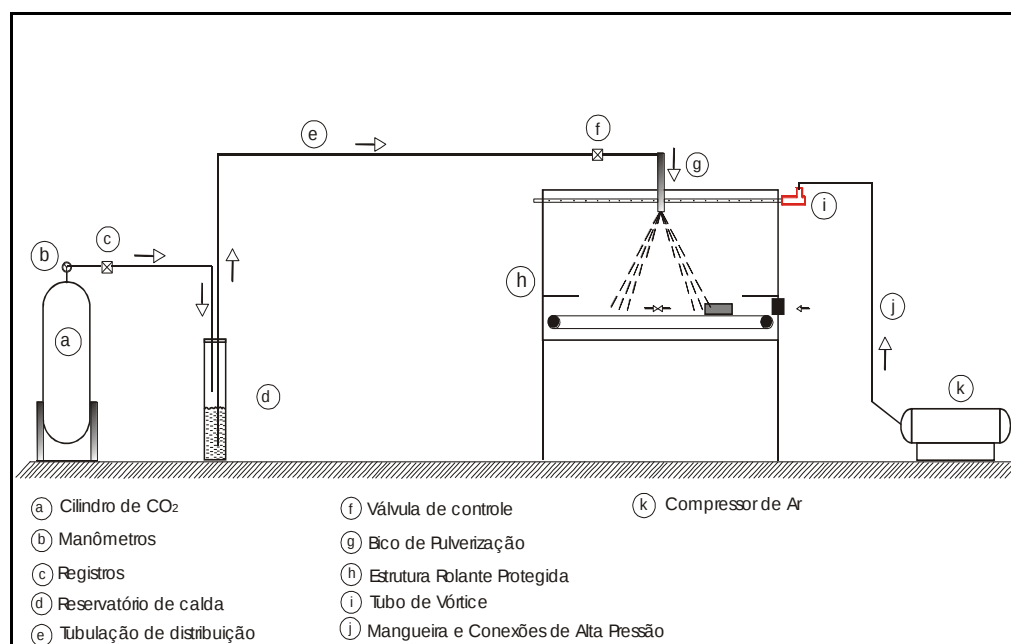


Figura 1. Desenho esquemático ilustrando o circuito de pulverização que será utilizado no ensaio para resfriamento do ambiente próximo ao bico de pulverização (QUEIROZ, 2009).

Para monitorar umidade relativa e a temperatura específica foi utilizado termometro modelo Oregon Scientific, precisão de 0,1 °C e 1%.

A velocidade de aplicação foi feita com uma estrutura rolante com barra protegida para simular um mecanismo de pulverização, conforme QUEIROZ, (2009). Esta correia é movimentada por dois eixos fixados em mancais de rolamentos, onde

um destes eixos é acionado por acoplamento direto por um motor elétrico de potência de 01 cv, monofásico, 220/380 v, 1750 rpm, IV pólos, marca SEW, um inversor de frequência, marca Siemens e um potenciômetro que permite variar e controlar a velocidade da esteira rolante.

A aplicação foi realizada com pulverizador de barra pressurizado com CO₂, com uma ponta de pulverização tipo cone vazio (fabricante Teejet), modelo TXA 800050VK, tendo sua constituição de cerâmica, conforme informações do catálogo do fabricante. A pressão de trabalho e altura de pulverização foram, respectivamente, 5 bar e 0,50m do alvo.

Para cada amostra foi colocado uma etiqueta de papel hidrossensível (SUMNER e SUMNER, 1999; WOLF e FROHBURG, 2002) situado sobre a esteira rolante.

Após a pulverização as etiquetas de papel hidrossensíveis foram identificadas e depois escaneadas por um scanner, modelo HP DeskJet F4180, utilizando uma resolução de 600 dpi e analisadas com o uso do software "CIR" - Conteo y tipificación de impactos de pulverización (Inta, 2002), onde foram determinados o diâmetro da mediana numérica (DMN), diâmetro da mediana volumétrica (DMV), amplitude relativa (Span) percentagem de gotas menores que 100 micrometros, taxa de cobertura e deposição.

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância e quando significativos, foram submetidos ao teste Tukey, conforme a necessidade, a 5% de probabilidade. Em todos os procedimentos estatísticos descritos utilizou-se o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussão

Os resultados das análises de variâncias apresentado na Tabela 1 indicam que a temperatura do ar afetou significativamente o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), o Coeficiente de Homogeneidade (CH) e o diâmetro da mediana numérica (DMN). A interação entre a temperatura do ar e os adjuvantes afetou significativamente apenas para o DMN.

A cobertura não foi significativa em nenhuma fonte de variação realizada neste trabalho.

Tabela 1 – Resumo do quadro de análise de variância: Quadrados médios para Diâmetro da Mediana Volumétrica (DMV); Diâmetro da Mediana Numérica (DMN) e Coeficiente de Homogeneidade (CH) e Cobertura

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		DMV	CH	DMN	Cobertura %
Temperatura	4	202,51*	0,005*	580,02*	2,01
Resíduo 1	8	15,77	0,001	6,96	3,50
Adjuvante	4	55,91	0,006	14,06*	5,17
Temperatura*Adjuvante	16	38,93	0,001	21,68*	5,86
Resíduo 2	40	36,75	0,002	5,27	3,22
CV 1		3,65	2,62	3,22	9,03
CV 2		5,57	3,91	2,80	8,66

CV: coeficiente de variação. GL: Grau de Liberdade. *: significativo ($P < 0,05$)

Com relação ao uso de adjuvantes (Tabela 2) embora o uso destes contribuíram, de uma forma geral, para o aumento do DMV das gotas pulverizadas, não foi o suficiente ao ponto de apresentarem diferença significativa entre si. Resultados semelhantes foram obtidos por MOTA & ANTUNIASSI (2013) na análise do espectro de gotas utilizando pulverização hidráulica.

Tabela 2 - Médias de diâmetro da mediana volumétrica (DMV) e Coeficiente de Homogeneidade (CH) para Água (A), BreakThru (B), Haiten (C), Iharaguen-S (D) e Orix(E)

Temperatura (°C)	DMV (µm)						CH					
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	Média	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	Média
14	116,8	110,2	115,4	110,8	107,1	112,1 A	1,35	1,32	1,33	1,30	1,35	1,33 AB
19	108,4	111,4	112,0	107,4	110,8	110,0 A	1,35	1,34	1,40	1,33	1,33	1,35 A
24	107,2	114,2	115,7	110,9	111,3	111,8 A	1,34	1,36	1,34	1,31	1,32	1,33 AB
29	104,7	104,9	101,6	100,3	105,0	103,3 B	1,32	1,31	1,34	1,24	1,31	1,31 B
34	99,8	115,9	107,4	104,7	108,6	107,3 AB	1,30	1,36	1,30	1,29	1,28	1,31 AB
Média	107,4	111,3	110,4	106,8	108,6		1,33	1,34	1,34	1,29	1,32	

Médias seguidas de letra maiúscula distinta na coluna e minúscula distinta na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Morata et al. (1991) o coeficiente de homogeneidade é definido entre a relação do DMV e do DMN, quando mais próximo de um, mais homogêneo será a aplicação, o CH para as médias de temperatura do ar, a temperatura de 29°C obteve um valor de 1,31, aproximando-se às condições que caracterizam aplicação de gotas controladas, definidas por ($CH < 1,4$) (MASSOLA et al, 2016).

Analizando os valores das médias de DMN, levando se em consideração os adjuvantes (Tabela 3), o uso do adjuvante BreakThru influenciou significativamente

no aumento do DMN comparado a testemunha, diferentemente dos demais produtos que, embora também tenham aumentado esta variável, não alcançaram valores significativos a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Médias para o diâmetro da mediana numérica (DMN) para Água (A), BreakThru (B), Haiten (C), Iharaguen-S (D) e Orix (E)

Temperatura (C)	DMN (µm)					Média
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	
14	85,4 Aa	83,0 ab	86,1 Aa	85,0 a	79,0 Bb	83,9 A
19	80,0 B	82,8	79,9 BC	80,5	83,2 AB	81,3 AB
24	79,6 Bb	83,8 ab	85,7 Aa	84,1 ab	83,8 ABab	83,4 A
29	78,9 Bab	79,9 ab	75,2 Cb	80,7a	80,0 ABab	78,9 B
34	76,4 Bb	84,8 a	82,2 ABa	80,8 ab	84,7 Aa	81,8 AB
Média	80,3 b	82,8 a	81,8 ab	82,2ab	82,1 ab	

Médias seguidas de letra maiúscula distinta na coluna e minúscula distinta na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerações Finais

O resfriamento do ar em torno do bico de pulverização influencia o espectro de gotas, aumentando o DMV e DMN.

O uso de adjuvantes, para o espectro de gotas, influenciou o DMN, obtendo maiores valores comparado com a água. O BreakThru obteve o maior DMN na maior temperatura.

Agradecimentos

A **UEG** pela concessão da bolsa e pela disponibilização da Estrutura para realização da pesquisa;

Aos colaboradores do projeto graduandos Mateus Prolo e Luana Lopes;

Em especial ao Prof. Dr. Elton Fialho dos Reis por todo apoio e atenção.

Referências

- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, abr./jun. 2000.
- CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CARVALHO, F. K.; SILVA, A. C. A.; VILELA, C. A. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.
- COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E.; FIORINI, M. V.; SIONO, L. M. Adjuvantes na Deriva de 2,4-D + Glyphosate em Condições de Campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.387-392, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2014.
- MASSOLA, M.P; HOLTZ, V.; REIS E. F. DOS. Espectro de gotas de pontas fabricadas em cerâmicas produzidas em diferentes pressões In: VII Semana Científica, Nova Xavantina. **Anais...** p.1-4, 2016.
- MORATA, A. F.; M.A.R. LIESA y S. PLANAS: Ensayo dinámico de boquillas de pulverización, In: XXV Feira Internacional de Maquinaria Agrícola, **Anais...** 6 pp., Espanha, Zaragoza, 1991.
- MOTA, A.A.B.; ANTUNIASI, U.R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, v.28, n.1, p.1-5, 2013. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/918/349>>. Acesso em: 03 dez. 2013.
- NASCIMENTO, A. B; OLIVEIRA, G. M.; FONSECA, I. C. B. ; SAAB, O. J. G. A.; CANTERI, M G. Determinação do tamanho da amostra de papéis hidrossensíveis em experimentos ligados à tecnologia de aplicação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2687-2696, nov./dez. 2013.
- NEGRISOLI, E. TOFOLI, G.R.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; PALLADINI, L.A. Depósitos unitários de calda de pulverização com e sem surfatante em plantas de *Salvinia molesta*. **Planta daninha**, Viçosa , v. 20, n. spe, p. 51-56, 2002 .

Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pd/v20nspe/06.pdf> >. Acesso em: 19 Jun, 2017.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Science agriculture**. Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445. 2005.

QUEIROZ, H. S. **Sistema alternativo para redução da evaporação e deriva em aplicações de calda de pulverização baseado na utilização de tubo de vórtice**. Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, 2009.62 p.

QUEIROZ, H. S.; REIS, E. F. Deposição de Calda de Pulverização Hidráulica de Uso Agrícola em Condições Controladas de Temperatura, **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v.4, n.2, p. 230-240, 2015.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA M. M.; MACIEL, C. F. S.; ALVARENGA, C. B.; FORASTIERE, P. R. Espectro das Gotas Produzidas por Pontas de Jato Plano Duplo Defasado com Indução de Ar. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.23, n.3, p. 211-218, 2016.

SASAKI, Robson Shigueaki et al . Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciencia Rural**, Santa Maria , v. 45, n. 2, p. 274-279, Feb. 2015 . Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000200274&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 3 Julho 2017.

SUMNER, P. E.; SUMNER, S. A. **Comparison of new drift reduction nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1999. 17 p. (ASAE Paper n.99-1156).

VANELLA, G.; SALYANI, M.; BALSARI, P. Effect of the nozzle adaptor of sprayer calibrator on flow rate measurements. **Crop Protection**, v.30, p.1043-1047, 2011.

WOLF, R. E.; FROHBURG, D. D. **Comparison of drift for four drift-reducing flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and evaluated using dropletscan software**. St. Joseph: ASAE, 2002. 7 p. (ASAE Paper n.02-1101).