

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MISTURAS EM TANQUE
CONTENDO O HERBICIDA 2,4-D NO ESPECTRO DE GOTAS DA
APLICAÇÃO**

ULISSES DELVAZ GANDOLFO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP –
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de mestre em Agronomia (Energia na
Agricultura).

BOTUCATU – SP

Setembro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MISTURAS EM TANQUE
CONTENDO O HERBICIDA 2,4-D NO ESPECTRO DE GOTAS DA
APLICAÇÃO**

ULISSES DELVAZ GANDOLFO

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP –
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de mestre em Agronomia (Energia na
Agricultura).

BOTUCATU – SP

Setembro – 2014

Ficha catalográfica

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G196i Gandolfo, Ulisses Delvaz, 1989-
Influência de diferentes misturas em tanque contendo o herbicida 2,4-D no espectro de gotas da aplicação / Ulisses Delvaz Gandolfo. - Botucatu : [s.n.], 2014
viii, 44 f. : fots. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi
Inclui bibliografia

1. Defensivos vegetais - Tecnologia de aplicação. 2. Tensão superficial. 3. Pulverização. 4. Análise espectral. I. Antuniassi, Ulisses Rocha. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Certificado de Aprovação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MISTURAS EM TANQUE CONTENDO
O HERBICIDA 2,4-D NO ESPECTRO DE GOTAS DA APLICAÇÃO"

ALUNO: ULISSES DELVAZ GANDOLFO

ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



PROF. DR. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB



PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Data da Realização: 31 de julho de 2014.

“Não confunda derrotas com fracasso nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.” (Roberto Shinyashiki).

Dedico

Incontestavelmente

Aos meus heróis, que sempre batalharam por mim, e por quem sempre batalharei;
Meu grande pai e melhor amigo Marco Antônio Gandolfo, minha mãe e dona de meus sorrisos Mara Delvaz Garcia Gandolfo e minha irmã e sinônimo de amor incondicional Isis Delvaz Gandolfo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, da saúde, do amor e da sabedoria.

Agradeço aos meus pais e meus heróis Marco Antônio Gandolfo e Mara Delvaz Garcia Gandolfo por toda orientação nesse trajeto, pois vocês me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade, e não bastaria um obrigado para demonstrar minha satisfação por vocês. Agradeço também aquela que me forneceu amor e carinho quando eu mais precisava, e que possui o mesmo sangue que em minhas veias correm, minha irmã Isis Gandolfo.

Agradeço ao meu orientador de pós graduação e amigo Dr. Ulisses Rocha Antuniassi pela árdua batalha que é ensinar, orientar, motivar e ver crescer em nós profissionais capazes de realizações de alto reconhecimento.

Agradeço ao meu orientador de graduação Dr. Marco Antônio Gandolfo por entender a necessidade de deixar de ser um pai em um ambiente de trabalho, e ser um mestre, ensinando-me, eu meus primeiros passos como agrônomo, a ser um profissional de caráter e respeito.

Agradeço aos professores Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab e Dr. Caio Carbonari, pela imensurável contribuição nesse trabalho de grande importância em minha vida, além de toda amizade e respeito.

Agradeço aos grandes parceiros e amigos que fiz nessa jornada profissional e que para sempre permanecerão como grandes exemplos, Rodolfo Chechetto, Caio Alexandre, Fernando Kassis, Marcella Guerreiro, Henrique Augusto Soares, Alisson Augusto Motta, Anne Caroline Arruda e Thalyson Medeiros pela ajuda e companheirismo.

Agradeço a todos os demais amigos que a vida me abençoou e me forneceu, que me apoiaram e sempre estarei de braços abertos para ajuda-los, Renato, Luiz Eduardo, Emérson, Lucas, Fabrício, Magnun, Letícia, Lia, Patrícia, Samantha, Saulo, Thiago, Jefferson, Marco, João, Vinícius, Lucas, Pedro, Narciso, Ricardo, Purga, Nelsinho, Sato, Filipe, Gustavo, Tharick, Luciano, Paulo, Camila, Amanda, Rafael, José Henrique, Ricardo, João Renato, Luiz Felipe e todos os demais

Aos professores, funcionários e colegas de classe da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu e da Faculdade de Agronomia de Bandeirantes, que me ajudaram em mais essa formação profissional.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 O 2,4-D na dessecação	7
2.2 Misturas em tanque contendo 2,4-D	8
2.3 Influencia das características físico-químicas da calda na tecnologia de aplicação	9
2.3.1 Tensão superficial.....	9
2.3.2 Espectro de gotas.....	10
2.5 Desempenho da tecnologia de aplicação	12
2.5.1 Deposição de gotas no alvo, cobertura e espalhamento	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Local do estudo	15
3.2 Tratamentos, variáveis analisadas e análise estatística	15
3.3. Detalhamento das metodologias empregadas nas avaliações	17
3.3.1. Análise da cobertura da gota em papel hidrossensível	17
3.3.2. Análise de tensão superficial	21
3.3.3. Análise do espectro de gotas.....	21
3.3.4. Análise da cobertura pulverizada em papel hidrossensível.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Tensão superficial	25
4.2 Cobertura de uma gota em papel hidrossensível	26
4.3 Espectro de gotas	27
4.3.1 Diâmetro mediano volumétrico (DMV)	27

4.3.2 Porcentagem do volume de gotas menores que 100 μm	29
4.3.3 Amplitude relativa (AR)	31
4.3 Análise da cobertura pulverizada em papel hidrossensível.....	33
4.4 Análise das correlações entre os fatores	34
5 CONCLUSÕES.....	38
6 REFERÊNCIAS	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites de temperatura e umidade relativa do ar para diferentes tamanhos de gotas (ANTUNIASSI, 2009).	11
Tabela 2. Descrição das caldas utilizadas.....	16
Tabela 3. Descrição dos herbicidas utilizados.....	17
Tabela 4. Descrição das pontas utilizadas.	17
Tabela 5. Análise das correlações entre os fatores avaliados.	35
Tabela 6. Análise dos dados gerados durante o processo de geração das gotas individuais e das leituras da imagem dessas gotas pelo scanner.	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Micro-seringa utilizada para recolher a amostra de calda e então deposita-la sobre o papel hidrossensível.....	18
Figura 2. Método de deposição da gota formada pela micro-seringa sobre o papel hidrossensível.....	18
Figura 3. Capela para exaustão de gases, marca SPLabor [®] , utilizada para fazer a secagem dos papéis.....	19
Figura 4. Disposição dos papéis hidrossensíveis colocados no interior da capela de exaustão de gases para secagem e posterior análise.....	19
Figura 5. Scanner conectado ao computador para realização da análise das gotas.....	20
Figura 6. Imagem da tela de trabalho do software de leitura do papel hidrossensível...	20
Figura 7. Analisador de partículas Mastersizer S (Malvern Instruments).....	22
Figura 8. Analisador de partículas, detalhe da localização da coifa (a) localização e movimentação da ponta de pulverização (b).....	22
Figura 9. Motor elétrico com comando eletrônico utilizado para mover o suporte contendo o papel hidrossensível.....	23
Figura 10. Ponta de pulverização já posicionada (acima) e o suporte plástico (abaixo), onde é colocado o papel hidrossensível.....	24
Figura 11. Valores de tensão superficial (mN.m^{-1}) para cada um dos diferentes tratamentos. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.	26
Figura 12. Valores da cobertura de 1 gota em papel hidrossensível, de mesmo volume de todas as caldas. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	27
Figura 13. Diâmetro mediano volumétrico dos diferentes tratamentos em aplicação com a ponta de jato plano convencional (XR). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	28
Figura 14. Diâmetro mediano volumétrico dos diferentes tratamentos em aplicação com a ponta de indução de ar (AI). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais	

representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	29
Figura 15. Valores do percentual de gotas com volumes menores que 100 μm para os diferentes tratamentos, com a ponta de pulverização de jato plano convencional (XR). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	30
Figura 16. Valores do percentual de gotas com volume menor que 100 μm para os diferentes tratamentos, com a ponta de pulverização de indução de ar (AI). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	31
Figura 17. Valores médios de amplitude relativa para os tratamentos com aplicações feitas pela ponta de jato plano convencional. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	32
Figura 18. Valores médios de amplitude relativa para os tratamentos com aplicações feitas pela ponta de jato plano convencional. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	32
Figura 19. Percentual de área coberta em papel hidrossensível para os diferentes tratamentos, aplicados com a ponta de jato plano convencional. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	33
Figura 20. Percentual de área coberta em papel hidrossensível para os diferentes tratamentos, aplicados com a ponta de jato plano convencional. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.....	34

RESUMO

O controle da população de plantas daninhas é uma das práticas mais importantes numa cultura instalada em campo, evitando competição por nutrientes, água e luz. A mistura de herbicidas no tanque do pulverizador possibilita a ampliação do espectro de controle das aplicações, colaborando para a redução dos processos de seleção de plantas resistentes ou tolerantes aos herbicidas. Tendo em vista essas informações, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência de diferentes misturas em tanque contendo o herbicida 2,4-D no espectro de gotas da aplicação. O estudo foi realizado na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, em Botucatu – SP, no Laboratório de Máquinas para Pulverização do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA); e no Laboratório de Análise do Tamanho de Partícula (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP. A definição dos tratamentos foi feita a partir da constituição de seis caldas de pulverização contendo o herbicida 2,4-D (DMA 806 BR) isolado ou em mistura de tanque com os herbicidas glyphosate (Glizmax) e diclosulam (Spider 840WG), considerando duas taxas de aplicação (50 e 150 L ha⁻¹). As pulverizações, quando necessárias, foram realizadas com as duas pontas de pulverização, sendo uma de jato plano com indução de ar, modelo Teejet AI 11003 e outra de jato plano de faixa ampliada, modelo Teejet XR 11003, ambas operando na pressão de 300 kPa (3 bar). Foram realizadas as seguintes análises: cobertura de uma gota de cada calda, a qual foi gerada por uma micro-seringa e depositada em papel

hidrossensível; análise do espectro de gotas através da técnica de difração do raio laser; análise da tensão superficial através do método gravimétrico e análise da cobertura da pulverização em papel hidrossensível. Os resultados mostraram que as misturas do 2,4 D com glifosate e diclosulam interferiram de maneira significativa no espectro de gotas gerado pelas pontas de jato plano XR e AI. Em geral estas misturas ocasionaram redução do DMV e aumento do percentual de gotas menores do que 100 μm , principalmente nas caldas com a presença do diclosulam, com potencial de aumento do risco de deriva das aplicações. O papel hidrossensível não ofereceu correlação robusta entre o espalhamento das gotas e a TS das caldas, e por esta razão não deve ser considerado uma ferramenta adequada para a comparação de diferentes caldas. Por outro lado, o papel hidrossensível conseguiu expressar uma correlação consistente entre tamanho de gotas e cobertura, podendo ser considerado como ferramenta útil na comparação de diferentes tecnologias de geração de gotas que sejam usadas com a mesma calda.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, cobertura, tensão superficial, espectro de gotas.

INFLUENCE OF DIFFERENT TANK MIXTURES CONTAINING THE 2,4-D HERBICIDE IN APPLICATION QUALITY

Author: ULISSES DELVAZ GANDOLFO

Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

SUMMARY

The control of weed population is one of the major acts in a field installed crop, preventing the competition with nutrients, sunlight and water. The tank mixture of herbicides increases the spectrum control of the applications, collaborating to reduction the processes of resistant plants selection or herbicides tolerant. In view of those information, the aim of this work was study the influence of different tank mixtures containing the 2,4-D in droplet spectrum of the application. The study was conducted at the Experimental Farm Lageado of the Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, Botucatu - SP, in the Laboratory Machines for Spraying of the Center Testing of Agricultural Machinery and Tires (NEMPA), and Laboratory of Particle Size Analysis (LAPAR), located in the Department of Plant Protection, FCAV / UNESP, Jaboticabal - SP. The treatments definition was made from the constitution of six spray solutions with the herbicide 2,4-D (DMA 806 BR) isolated or in tank mixture

with the herbicides Glyphosate (Glizmax) and diclosulam(Spider 840 WG), considering 2 application rates (50 and 150 L ha⁻¹). The spraying, when necessary, were performed with 2 spraying nozzles, one flat fan with air induction, model Teejet AI 11003 and the other of flat fan of extended range, model Teejet XR 11003, both operating in pressure of 300 kPa (3 bar). Were made the following analysis: coverage of one droplet of each spray solution, generated by a micro-syringe and deposited in water-sensitive paper; analysis of droplet spectrum with the technique of diffraction of the laser beam; analysis of surface tension with the gravimetric method and analysis of the application coverage in water-sensitive paper. The results showed that the mixing of 2,4-D with glyphosate and diclosulam interfered significantly in droplet spectrum generated by flat fan nozzles XR and AI. In general, those mixtures caused VMD reduction and increase in % vol<100 µm, mainly in sprays solutions with diclosulam, with potential drift risk increase in applications. The water sensitive paper did not offer robust correlation between the droplets scattering and the surface tension of the solutions, and for this reason should not be considered a proper tool to the comparison of different solutions. On the other hand, the water sensitive paper could express a consistent correlation between droplets size and coverage, and may be considered as a proper tool in comparison of different droplets generation technologies that are used with the same solution.

Keywords: Application quality, coverage, surface tension, droplet spectrum.

1 INTRODUÇÃO

Uma alta população de plantas daninhas em um campo economicamente produtivo pode causar severas reduções, tanto qualitativas como quantitativas, na produção e conseqüentemente no lucro desta atividade, quando não controlada ou quando controlada de maneira ineficiente. A interferência destas plantas gera diversos prejuízos, como alelopatia, sanidade da cultura, pureza, competição por nutrientes, luz e água, dificultando o desenvolvimento saudável da espécie que fora instalada comercialmente.

Diversos herbicidas são comercializados cotidianamente, dos mais diferentes princípios ativos, e dois desses produtos são conhecidos em todo o mundo: os herbicidas 2,4-D e o glyphosate. Em grande parte das propriedades rurais ambos são muito utilizados, uma vez que, se aplicados de maneira correta e com as devidas dosagens, configuram uma mistura de tanque muito eficiente no controle de plantas invasoras.

O 2,4-D foi o primeiro herbicida seletivo descoberto para o controle de plantas daninhas latifoliadas anuais, podendo ser recomendado para diversas culturas e áreas não agrícolas. Movimentando-se tanto pelo xilema como pelo floema, tem grande eficiência de translocação em plantas de grande atividade metabólica, sendo este um dos motivos para a grande eficiência de produtos à base desse composto.

O glyphosate é um herbicida sistêmico não-seletivo, que age sobre qualquer tipo de planta que tenha contato e não seja resistente a molécula. É

comum o melhoramento genético em sementes visando a resistência destas a molécula, para que seu uso não seja restrito.

O recente aparecimento de muitas plantas daninhas resistentes ou tolerantes ao glyphosate tem gerado o interesse no uso de misturas incluindo outros produtos, e uma das opções bastante estudada é do herbicida diclosulam. Este herbicida tem ação eficiente no controle de plantas daninhas que interferem no desenvolvimento de culturas economicamente instaladas a campo e que têm muitos casos reportados de resistência ou tolerância, como o Picão-preto (*Bidens pilosa*), o Leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e a Corda-de-viola (*Ipomoea* sp.).

Misturas em tanque de pulverizações são muito comuns em grande parte das propriedades rurais pelo mundo, uma vez que visam a diminuição do número de aplicações na área, causando redução no custo operacional da máquina, e consequentemente fornecendo maior renda ao produtor, assim como é uma prática que colabora com a redução da seleção de plantas daninhas resistentes ou tolerantes a herbicidas. Por outro lado, é uma técnica que requer cuidado, pois existem produtos fitossanitários dos mais diversos tipos e com diferentes ingredientes ativos no mercado, podendo haver incompatibilidades entre alguns deles. Neste sentido, reforça-se a importância de se realizar estudos com essa técnica, com o objetivo de fornecer ao mercado e aos produtores informações mais detalhadas do comportamento dessas misturas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência de diferentes misturas em tanque contendo o herbicida 2,4-D no espectro de gotas da aplicação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O herbicida 2,4-D na dessecação

A prática da dessecação para o plantio direto acontece por dois motivos principais: para que o campo fique adequado para o recebimento de uma nova cultura; e porque a próxima cultura a ser instalada necessita de certa sanidade da área para se desenvolver de forma adequada.

O sistema de plantio direto depende inteiramente do uso de herbicidas antes da semeadura das culturas para o controle das plantas daninhas já estabelecidas (KOZLOWSKI; SIMÕES, 2010). Carvalho et al. (2002) atentam para a importância de herbicidas como o glyphosate e o 2,4-D nesse sistema.

O 2,4-D é um herbicida pertencente ao grupo das auxinas sintéticas ou mimetizadores de auxinas, e provoca mudanças metabólicas e bioquímicas em plantas caracterizadas como dicotiledôneas. No sistema de dessecação para o plantio direto, ele é aplicado junto com o glyphosate, um herbicida sistêmico e não-seletivo, com ação de controle tanto em plantas daninhas dicotiledôneas quanto monocotiledôneas, sendo um dos produtos mais comuns utilizados em dessecações há muito tempo.

2.2 Misturas em tanque

Kagi (2013) afirmou que a mistura em tanque para aplicações é uma prática comum em todo o mundo, que proporciona reduções nos custos de produção e aumenta o espectro de controle de uma pulverização, além de reduzir o tempo de exposição dos aplicadores aos produtos. Segundo o decreto nº 4.074 de 4 de janeiro de 2002, da legislação brasileira, a mistura em tanque é, por definição, a “associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da aplicação”.

No uso com herbicidas, além de fazer com que apenas uma aplicação controle mais de um tipo de planta invasora, pode-se citar também que as limitações de um herbicida podem ser supridas por outro herbicida, quando aplicados em mistura (CHECHETTO, 2011).

Alonso et al. (2013) citam ainda que, quando é feita a mistura de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, há uma redução da pressão de seleção de biótipos resistentes, contribuindo para o manejo em campo das culturas desejáveis.

Um caso comum de uso de misturas acontece com os herbicidas 2,4-D e o glyphosate. Ambos possuem mecanismos de ação diferentes, e quando misturados apresentam um efeito complementar que possibilite a eficiência de controle (VIDAL, 1999). Procópio et al. (2009), em estudos mais aprofundados, afirmaram que o 2,4-D aumenta a velocidade de translocação do glyphosate dentro da planta, facilitando o acesso dos produtos aos meristemas, conferindo certa melhoria na eficiência da aplicação dessa mistura.

Tollervey et al. (1979) constatam que a mistura glyphosate + 2,4-D apresentou melhor controle das plantas daninhas, em relação à aplicação isolada de ambos. Os autores descrevem a possibilidade de um efeito sinérgico entre o glyphosate e o 2,4-D, que ajudaria a explicar esta diferença. Este efeito sinérgico também foi notado por Flint; Barret (1989) para *Convolvulus arvensis*.

Gaede et al. (2010) concluem que não existem diferenças no controle por parte de diferentes formulações de glyphosate e 2,4-D ou por aumento ou diminuição da dose recomendada, porém observaram que a mistura entre esses herbicidas e o diclosulam é uma ótima alternativa de mistura em tanque para o controle de plantas já desenvolvidas de buva (*Conyza bonariensis*). A adição do diclosulam ao

2,4-D pode também ser relatada como uma boa alternativa de mistura em tanque para a dessecação, uma vez que o 2,4-D agirá de forma dessecante e o diclosulam, terá efeito no controle de plantas daninhas antes da semeadura da nova cultura, uma vez que este último tem ação na pré emergência em campo.

Petter et al. (2012) afirmam que apesar de não ser necessário registro no ministério da agricultura, é imprescindível o conhecimento prévio de possíveis misturas em tanque com produtos de diferentes ingredientes ativos e formulações, a fim de evitar possíveis danos à cultura e baixa eficiência deles.

2.3 Influência das características físico-químicas da calda na tecnologia de aplicação

2.3.1 Tensão superficial

A tensão superficial é a característica na qual se consegue uma interação entre uma calda e uma superfície, fornecendo um bom espalhamento dessa calda pela superfície em questão e uma ótima retenção do produto a essa superfície (TANG e DONG, 2008).

Segundo Oliveira; Antuniassi (2012) outro auxílio da tensão artificial nas caldas de pulverização é que, quando ela se mantém em níveis baixos, há diminuição das forças que mantem as moléculas do líquido unidas, conseguindo assim maior espalhamento do líquido pela superfície e conseqüentemente maior área de contato do líquido com a planta.

Segundo Antuniassi (2009), essa eficiência é ainda maior quando se usa surfatantes apropriados para esta causa, fazendo com que a maior parte de produto depositado na superfície da planta seja absorvido da maneira correta e em um menor período de tempo.

Butler Ellis et al. (2002) afirmam que produtos com a função espalhante em sua composição tendem a diminuir a tensão superficial da calda e com isso diminuir também o tamanho das gotas pulverizadas, aumentando a quantidade de gotas formadas em uma mesma área que esta recebendo a pulverização, com

consequente aumento da cobertura do alvo. Porém, também afirmam que a magnitude deste processo pode variar de acordo com outro fator de suma importância numa pulverização: a escolha da ponta a ser usada.

2.3.2 Espectro de gotas

O espectro de gotas é atualmente a mais importante variável a ser controlada como medida de redução de deriva em uma aplicação de agrotóxicos, tanto em terrestres quanto em aplicações aéreas (KIRK, 2003).

A saída do líquido pela ponta de pulverização requer atenção, pois o que se busca em uma aplicação é a uniformidade das gotas que saem pelo orifício da ponta. Mota (2011) citou que certos parâmetros tem a capacidade de quantificar o espectro de gotas formado, como amplitude relativa, diâmetro mediano numérico (DMN) e diâmetro mediano volumétrico (DMV). Cunha et al., (2004) afirmam que a amplitude relativa determina a homogeneidade do espectro de gotas formado, e que quanto mais alta é a amplitude, menos homogênea é a aplicação. Dividindo em 2 partes a massa de todas as gotas pulverizadas, e tendo a soma da parte das gotas maiores igual a soma da parte das gotas menores, estabelece-se um diâmetro que divida estas 2 partes, chamado de DMV. O diâmetro que separa as gotas em duas partes, tendo 50% de gotas maiores e 50% de gotas menores é chamado de DMN. Quando a relação entre esses diâmetros é analisada (DMV/DMN) chega-se então ao que é chamado de amplitude relativa, valor que, quanto mais próximo de 1, mais homogêneo é o espectro de gotas pulverizado (ANTUNIASSI; BAIO, 2008).

Matthews (2000) relaciona tamanhos de gotas bons e ruins para as aplicações de agroquímicos, classificando gotas com tamanhos entre 50 e 100 μm como muito finas, sendo estas altamente susceptíveis a ação do vento, e aumentando o risco de deriva da pulverização, porém com alta capacidade de penetração no dossel da cultura. Ainda segundo o mesmo autor, gotas maiores tem maior resistência à ação do vento, sendo mais facilmente depositadas em alvos horizontais.

Ozkan et al. (1997) estabelece que, para situações de aplicações com pulverizadores de barras, gotas que são formadas com tamanho igual ou menor a 50 μm tem maior tendência a evaporar antes mesmo de atingir o alvo, e gotas que

tenham tamanho superando os 200 μm não sofrem evaporação até que cheguem ao alvo desejado.

A qualidade de uma aplicação está diretamente relacionada às condições climáticas no momento da pulverização, pois conforme mais extremas, maiores serão as perdas, tanto por deriva no caso de ventos excessivos, quanto por evaporação, no caso de baixa umidade relativa do ar e alta temperatura (CHRISTOFOLETTI, 1999; ANTUNIASSI, 2009) e esses limites de condições climáticas estão descrito na tabela 1.

Tabela 1. Limites de temperatura e umidade relativa do ar para diferentes tamanhos de gotas (Fonte: Antuniassi et al., 2005).

Fatores	Classes de gotas de acordo com as condições climáticas		
	Muito finas ou finas	Finas ou médias	Médias ou grossas
Temperatura	Abaixo de 25°C	25 a 28 °C	Acima de 28 °C
Umidade Relativa	Acima de 70%	60 a 70%	Abaixo de 60%

Chechetto (2011) afirma que a determinação do diâmetro das gotas produzidas pelas pontas de pulverização é imprescindível para a aplicação de todo e qualquer produto fitossanitário. Também se torna necessário que se conheça as características das pontas a serem usadas, para que sejam selecionadas conforme sua necessidade e formem assim o espectro de gotas mais adequado para uma pulverização eficiente e ambientalmente segura (CUNHA et al., 2008).

O método de avaliação por meio dos papéis hidrossensíveis tem-se mostrado eficiente, além de ser considerada uma técnica simples, rápida e viável (HOFFMANN; HEWITT, 2005). Com o auxílio de diversos softwares computacionais, esse método tem sido satisfatório se tratando da leitura da cobertura e do espectro de gotas formado.

Chaim (1999) e Souza (2012), também fizeram o uso de papéis hidrossensíveis para a avaliação da cobertura de produtos fitossanitários em alvos, com a utilização de um método matemático e através também da leitura microscópica do

alvo para a medição do espectro de gotas. Estimando o volume das gotas e convertendo então em valores de espalhamento, as gotas pulverizadas são classificadas em diversas faixas de tamanho.

Por se tratar de um método simples de avaliação, podem ser observadas algumas limitações de uso dos papéis hidrossensíveis, como a dificuldade da determinação do tamanho das gotas com porcentagem maior que 20% de cobertura da área (FOX et al., 2003), e a baixa precisão na determinação do tamanho das gotas muito finas, estando relacionada com a resolução do scanner que será utilizado para fazer a leitura dos papéis (ZHU et al., 2008).

Outra forma de se analisar o espectro de gotas é através do analisador de partículas Mastersizer S, com base na técnica da difração do raio laser, onde o equipamento faz a mensuração do tamanho das partículas através do desvio que o laser sofre ao atingir as partículas, que são aplicadas pela ponta que se deseja avaliar a alguns centímetros acima (ETHERIDGE et al., 1999). O equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm (lente 300 mm) e interligado com um computador central que armazena os dados analisados por meio do software Mastersizer-S v.2.19. Cada leitura do laser é realizada a cada 2 milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo (CAMARA et al., 2008).

2.5 Desempenho da tecnologia de aplicação

2.5.1 Deposição de gotas no alvo, cobertura e espalhamento

Assim como o espectro de gotas, o depósito das gotas no alvo também é considerado uma característica essencial a ser vista em uma pulverização agrícola, sendo associados a eficácia do agrotóxico, ao impacto gerado no meio ambiente e ao desperdício de ingrediente ativo (CÂMARA et al., 2008; CUNHA et al., 2010; CAVALIERI, 2013).

Estudos mostram diversas metodologias que permitem avaliar de maneira eficiente o depósito de produtos nos diversos alvos existentes. Souza et al. (2012), cita como principais modos de avaliação a utilização de alvos artificiais, como lâminas de vidro, posicionadas próximas aos alvos reais, simulando também um alvo

real; o uso de papéis hidrossensíveis, também posicionados próximos aos alvos, que mostram o tamanho das gotas. Cavalieri (2013) cita também a utilização de corantes especiais, com propriedades fluorescentes, que após lavagem, podem fornecer a quantidade do marcador recuperado por unidade de área equivalente ao ingrediente ativo (comumente expressa em $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ ou $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$).

Segundo Rezende (2011), a estabilidade da substância marcadora às condições ambientais define a eficiência do método de avaliação, levando-se também em conta a relação entre o alvo e o marcador. Yates; Akesson (1963) definiram também certas condições essenciais que os marcadores devem ter, como ser solúvel quando misturados a calda em questão, possibilitar o uso em análises com rapidez, serem sensíveis a detecção, terem também efeito físico mínimo na pulverização e evaporação das gotas, além de ser estáveis, atóxicos e de baixo custo.

Devido à dificuldade de se fazer chegar o produto fitossanitário em todas as partes da planta, as pulverizações geralmente são irregulares em termos de distribuição. Sendo assim, as diferenças entre os depósitos analisados em trabalhos geralmente estão relacionados à superfície foliar que será analisada (BAUER E RAETANO, 2004), e também à parte da planta amostrada (BOSCHINI et al., 2008; PRADO et al., 2010; VILLALBA et al., 2009).

Courshee (1967) propôs uma equação que possibilita observar a relação entre os fatores que tem alguma influência na cobertura dos alvos:

$$C = 15 \frac{VRK^2}{AD}$$

Onde:

V = Volume de aplicação

R = Taxa de recuperação da calda nas folhas

K = Fator de espalhamento de gotas

A = Área foliar

D = Diâmetro das gotas

Como pode ser observado na equação, existe um aumento na cobertura com o aumento do volume de calda por unidade de área. Quanto mais se aumenta a taxa de aplicação de uma pulverização, a tendência é a produção de uma maior quantidade de gotas por área.

Menores volumes de calda tem se tornado uma prática comum, porém deve-se lembrar que uma aplicação com volumes de calda muito baixos requer gotas muito finas para que o nível de cobertura seja mantido. Hanks (1995) lembra que gotas muito finas são facilmente perdidas por deriva, enquanto gotas muito grossas causam uma diminuição drástica na cobertura.

A capacidade de uma gota se espalhar na superfície do alvo é caracterizada como o fator de espalhamento da gota, influenciada pela tensão superficial da calda. A tensão superficial é, por definição, a força exercida pelas moléculas do líquido que fazem interface com o ar para se manterem unidas, e quanto maior essa força maior a tensão superficial, trazendo a gota ao alvo com uma menor capacidade de se espalhar por ele (DURIGAN E CORREIA, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do estudo

Os estudos foram realizados na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, em Botucatu – SP, no Laboratório de Máquinas para Pulverização do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA) e no Laboratório de Análise do Tamanho de Partícula (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP.

3.2 Tratamentos, variáveis analisadas e análise estatística

A definição dos tratamentos foi feita a partir da constituição de seis caldas de pulverização contendo o herbicida 2,4-D (DMA 806 BR) isolado ou em mistura de tanque com os herbicidas glyphosate (Glizmax) e diclosulam (Spider 840WG), considerando duas taxas de aplicação (50 e 150 L ha⁻¹). A descrição das caldas e dos herbicidas estão nas Tabelas 2 a 4. As pulverizações, quando necessárias, foram realizadas com as pontas de pulverização da Teejet/Spraying Systems. Foram utilizados dois modelos, sendo uma de jato plano com indução de ar, modelo AI 11003 e outra de jato plano de faixa ampliada, modelo XR 11003, ambas operando na pressão de 300 kPa (3 bar), gerando vazão de 1,18 litros por minuto, nas classes de gotas grossas e finas, respectivamente, segundo norma ASAE S572 (informação do fabricante). As pontas estão descritas na Tabela 4.

Os parâmetros analisados foram:

- Análise da cobertura de uma gota de cada calda, a qual foi gerada por uma micro-seringa e depositada em papel hidrossensível. A análise da área foi feita com um scanner modelo DropScan da marca Leon Sistemas Digitais, considerando três repetições por tratamento;

- Análise do espectro de gotas através da técnica de difração do raio laser, realizado no LAPAR (Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas, situado na UNESP de Jaboticabal), em um analisador de partículas em tempo real (Malvern Mastersizer S), com quatro repetições por tratamento;

- Análise da tensão superficial através do método gravimétrico, descrito por Costa (1997) e Correa; Velini (2002), com dez repetições por tratamento;

- Análise da cobertura da pulverização em papel hidrossensível, através do scanner modelo DropScan[®] da marca Leon Sistemas Digitais, posicionado abaixo de uma câmara de aplicação, onde se pulveriza a calda, utilizando as pontas de AI e XR, com 3 repetições por tratamento.

As médias dos resultados para todas as análises foram comparados pelo Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias a 95% de probabilidade (IC95%). Foram determinadas também as correlações entre as diferentes variáveis, utilizando o coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Descrição das caldas utilizadas.

Tratamentos	Produto	Taxa de aplicação (L.ha ⁻¹)	Dose do herbicida. (L p.c.ha ⁻¹ ou g p.c. ha ⁻¹)
D 50	DMA 806 BR	50	1,0
D 150	DMA 806 BR	150	1,0
D+G 50	DMA 806 BR + Glizmax	50	1,0 + 2,0
D+G 150	DMA 806 BR + Glizmax	150	1,0 + 2,0
D+G+Sp 50	DMA 806 BR + Glizmax + Spider 840WG	50	1,0+2,0+30
D+G+Sp 150	DMA 806 BR + Glizmax + Spider 840WG	150	1,0+2,0+30

Tabela 3. Descrição dos herbicidas utilizados.

Produto	Ingrediente ativo	Concentração do Sal (g L ⁻¹) ou (g kg ⁻¹)	Equivalente ácido (g L ⁻¹)
DMA 806 BR	Dimethylammonium (2,4-dichlorophenoxy) acetate (2,4-D, SAL DIMETILAMINA).	806	670
Glizmax	Isopropylammonium N-(phosphonomethyl) glycinate (GLIFOSATO, SAL ISOPROPILAMINA)	480	360
Spider 840 WG	N-(2,6-dichlorophenyl)-5-ethoxy-7-fluoro[1,2,4] triazolo[1,5c]pyrimidine-2-sulfonamide (DICLOSULAM)	840	–

Tabela 4. Descrição das pontas utilizadas.

Tipo de ponta	Nome comercial	Fabricante
Jato plano de faixa ampliada	XR 11003	Spraying Systems
Jato plano com indução de ar	AI 11003	Spraying Systems

3.3. Detalhamento das metodologias empregadas nas avaliações

3.3.1. Análise da cobertura de uma gota depositada em papel hidrossensível

Para cada calda preparada foi coletado um volume de 0,5 µL através de uma micro seringa, de modelo 86250, marca Hamilton (Figura 1). Essa calda foi então depositada na superfície do papel hidrossensível (produto fornecido pela Teejet Spaying Systems Co.), mantendo-se a seringa a um ângulo de 45° e então encostando-a no papel hidrossensível (Figura 2). Esse processo foi repetido em 3 unidades do papel hidrossensível para cada tratamento.



Figura 1. Micro-seringa utilizada para recolher a amostra de calda e então deposita-la sobre o papel hidrossensível.

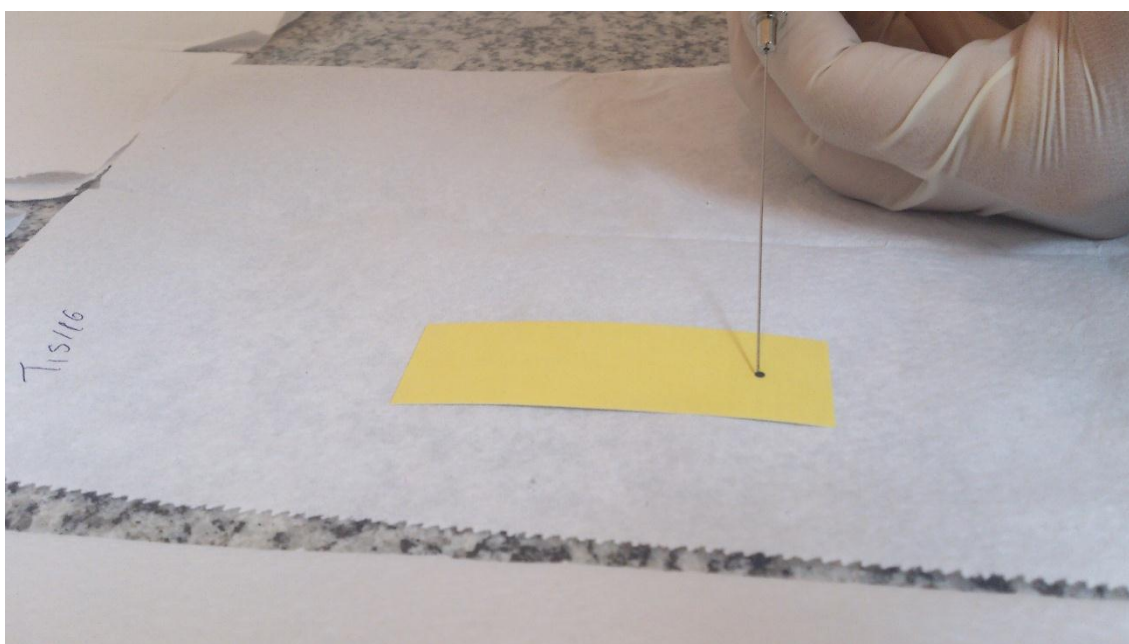


Figura 2. Método de deposição da gota formada pela micro-seringa sobre o papel hidrossensível.

As condições climáticas foram mantidas sempre com umidade relativa do ar acima de 50% e temperatura ambiente entre 20 e 30° C. Para manter o papel hidrossensível em perfeitas condições e evitar que houvesse interferência da umidade ambiente com a amostra, após a gota ser depositada em sua superfície, cada papel foi transportado para uma capela de exaustão de gases, marca SPLabor[®] (Figura 3), onde os papéis foram dispostos (Figura 4). Foi então estabelecido o tempo de 15 minutos para total secagem da gota no papel.



Figura 3. Capela para exaustão de gases, marca SPLabor[®], utilizada para fazer a secagem dos papéis.



Figura 4. Disposição dos papéis hidrossensíveis colocados no interior da capela de exaustão de gases para secagem e posterior análise.

Após a secagem dos papeis hidrossensíveis contendo a gota da calda analisada, os mesmos foram então digitalizados no scanner por 3 vezes (Figura 5), obtendo-se assim 3 leituras de cobertura para cada gota depositada, em cada papel. O cálculo da cobertura foi feito pelo próprio software da Leon Sistemas Digitais (Figura 6) que acompanha o scanner.

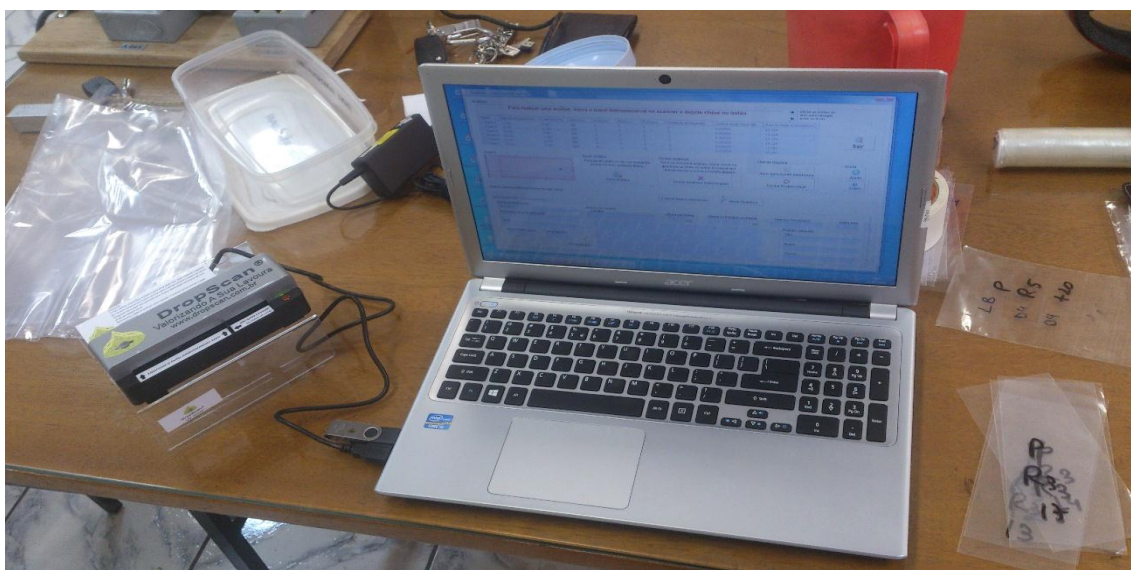


Figura 5. Scanner conectado ao computador para realização da análise das gotas.

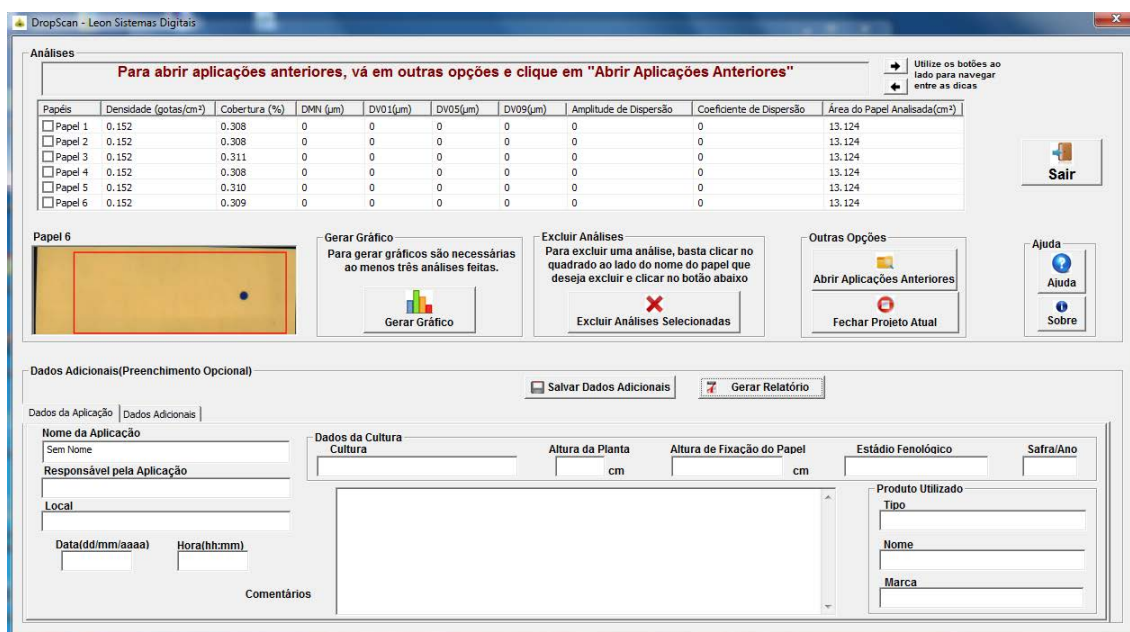


Figura 6. Imagem da tela de trabalho do software de leitura do papel hidrossensível.

Para que a leitura de cobertura resulte em valores consistentes, o scanner DropScan® deve ser manuseado com cuidado, pois o papel deve ser posicionado perfeitamente para que a leitura possa ser feita corretamente. O scanner faz a leitura de uma área interna no papel com 13,124 cm², excluindo algumas bordas do mesmo, o qual tem uma área total de 19,76 cm². A área de cobertura (em cm²) resultante da deposição de cada gota foi calculada pela proporção entre a área de leitura no papel (13,124 cm²) e o respectivo percentual coberto pela gota (calculado automaticamente pelo software).

3.3.2. Análise de tensão superficial

As análises de tensão superficial (TS), feitas sempre em condições de temperaturas entre 15 e 30° C e umidade relativa do ar acima de 50%, foram realizadas por meio da determinação do peso de gotas, conforme a metodologia descrita por Costa (1997), Correa; Velini (2002).

Cada repetição foi constituída pela determinação do peso de dez gotas, e em cada tratamento foram feitas dez repetições. Nos cálculos da tensão superficial foi tomada como referência a água, que tem o valor de tensão superficial conhecido. Para isso, foi feita a determinação do peso das gotas de água, seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente, e a tensão superficial de cada tratamento foi calculado seguindo a seguinte equação:

$$TS_c = \frac{m_c \cdot TS_{\text{água}}}{m_{\text{água}}}$$

Em que:

TS_c = tensão superficial (mN m^{-1}) da calda avaliada;

m_c = massa média de gotas da calda;

$TS_{\text{água}}$ = tensão superficial da água ($72,6 \text{ mN m}^{-1}$);

$m_{\text{água}}$ = massa média de gotas de água.

3.3.3. Análise do espectro de gotas

O espectro de gotas foi determinado utilizando-se um analisador de partículas em tempo real Mastersizer S (Malvern Instruments), com base na técnica da difração de raio laser, com a qual o equipamento faz a mensuração do tamanho das partículas através do desvio da trajetória que o laser sofre ao atingir as partículas (Figura 7). O equipamento é composto por um feixe de raio laser de 10 mm de diâmetro, comprimento de onda de 670 nm, lente focal de 200 mm e uma ponte óptica de base longa. O equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm (lente 300 mm) e interligado com um computador central que armazena os dados analisados por meio do software Mastersizer-S v.2.19. Cada leitura do laser é realizada a cada 2 milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo (CAMARA et al., 2008).



Figura 7. Analisador de partículas Mastersizer S (Malvern Instruments).

Em cada análise a ponta era movimentada na transversal para que fosse feita a leitura de toda a pulverização produzida, esta movimentação foi feita por meio de um sistema mecânico impulsionado por um motor elétrico (Figura 8). Acima do equipamento está instalado um exaustor (tipo coifa) para retirar as partículas em suspensão (Figura 7), evitando deposições sobre a lente do aparelho ou duplas leituras do laser, impedindo assim falhas na exatidão das análises (FERREIRA et al., 2007).

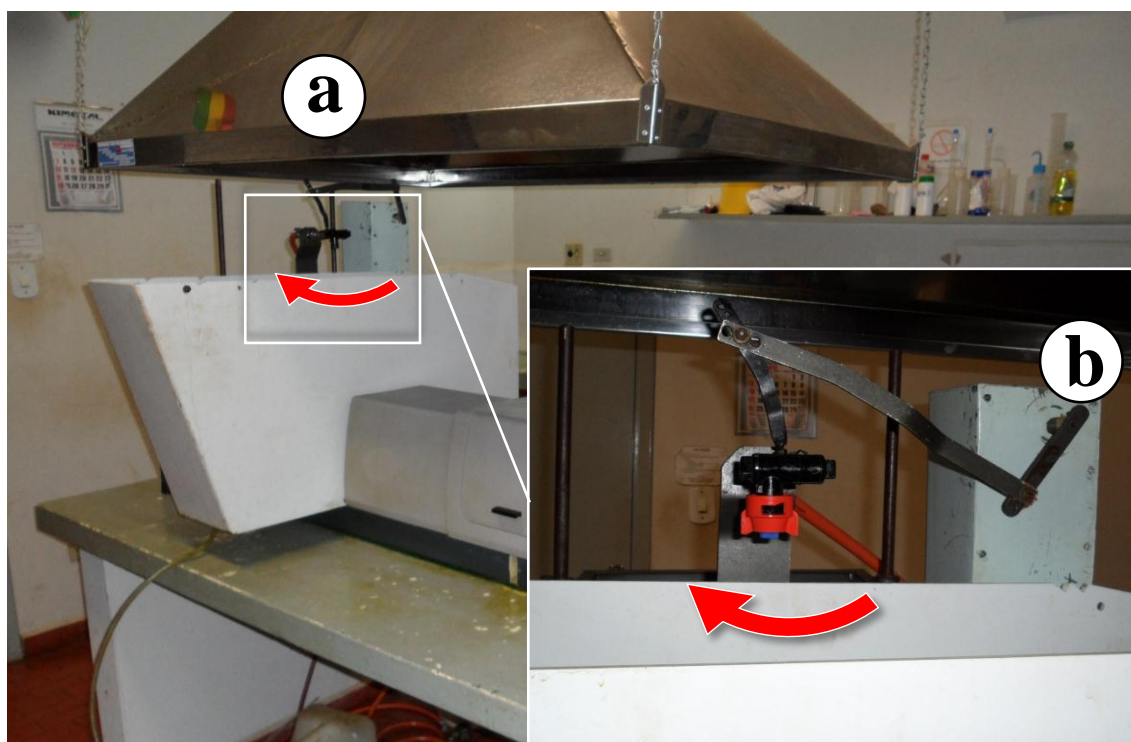


Figura 8. Analisador de partículas, detalhe da localização da coifa (a) localização e movimentação da ponta de pulverização (b).

3.3.4. Análise da cobertura pulverizada em papel hidrossensível

O papel hidrossensível foi fixado em uma lâmina de plástico, presa por uma haste de metal, que por sua vez é parafusada em uma base de madeira que possui um motor elétrico com comando eletrônico via controle remoto (Figura 9). O conjunto se movimenta através de polias, gerando um movimento retilíneo por cima de trilhos. Este aparato se movimenta com a velocidade de 1 m s^{-1} . Durante o deslocamento a lâmina de plástico passa por baixo de uma câmara de pulverização, feita de material MDF, com medidas de 1,2 metro de altura, 1,2 metro de largura e 1,2 metro de comprimento. Esta lâmina passa logo abaixo do jato de pulverização, coletando assim as gotas para a análise da cobertura. Foram coletadas 3 repetições (3 papéis) para cada tratamento.



Figura 9. Motor elétrico com comando eletrônico utilizado.

Os papéis coletados foram transportados a uma capela de exaustão de gases, seca e arejada, com condições controladas de umidade relativa de ar e temperatura ambiente, para a devida secagem para posterior análise. A análise da cobertura pulverizada no papel também foi feita através do software de leitura do Scanner DropScan[®], da Leon Sistemas Digitais, realizando-se uma leitura por papel.

A ponta de pulverização foi posicionada a 1,35 metros de altura do ponto de passagem do papel e fixada no alto da câmara de aplicação (Figura 10).



Figura 10. Ponta de pulverização já posicionada (acima) e o suporte plástico (abaixo), onde é colocado o papel hidrossensível.

Após a utilização da câmara a mesma foi lavada a fim de evitar contaminações. O piso abaixo da câmara contém uma tela pela qual a calda pulverizada é imediatamente direcionada a um tanque de resíduos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tensão superficial

Os resultados das avaliações da tensão superficial das caldas estão descritos na Figura 11. Todos os tratamentos contendo a mistura de herbicidas com o 2,4-D apresentaram diferença estatística com relação aos tratamentos onde o 2,4-D foi usado de maneira isolada. Entretanto, em geral, a tensão superficial das caldas onde havia misturas não diferiram entre si. Do ponto de vista teórico, quanto menor a tensão superficial de uma calda, maior é seu espalhamento e conseqüentemente maior é a área coberta dos alvos (OLIVEIRA; ANTUNIASSI, 2012).

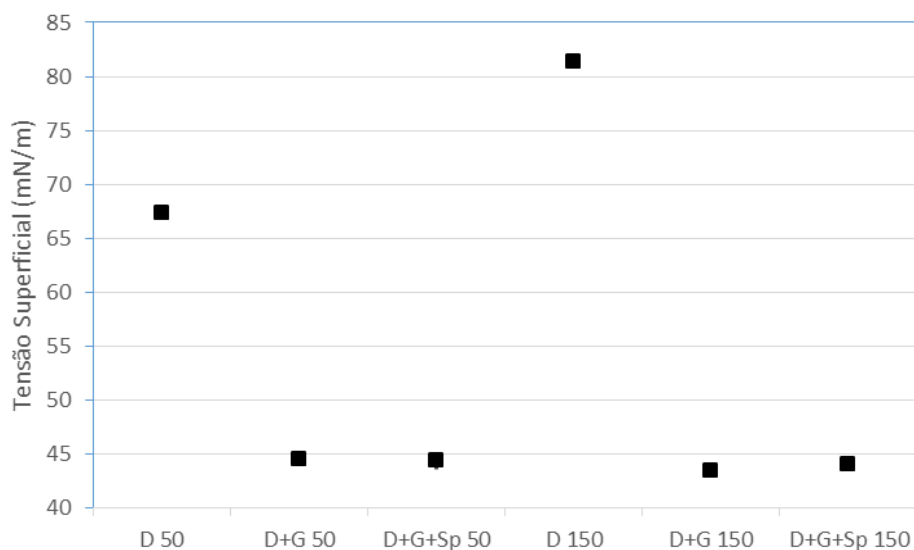


Figura 11. Valores de tensão superficial ($\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$) para cada um dos diferentes tratamentos. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

4.2 Cobertura de uma gota em papel hidrossensível

Os resultados para a cobertura de uma gota em papel hidrossensível estão apresentados na Figura 12. A média dos valores da cobertura de cada tratamento variou de 0,0301 a 0,0344 cm^2 . O tratamento com o maior tamanho de área coberta pela gota foi o D+G+Sp 50, apresentando diferença significativa para os demais tratamentos. A seguir vieram os tratamentos D+G 50 e D 150, que não apresentaram diferença estatística entre si, enquanto os menores valores de área coberta pela gota foram obtidos pelos tratamentos D 50, D+G 150 e D+G+Sp 150, sendo este último o de menor valor da área coberta pela gota. É importante observar, neste caso, que apesar de todas as misturas de tanque terem apresentado valores de tensão superficial similares entre si e menores do que as caldas com o 2,4 D isolado (visto na Figura 11), os valores de cobertura não encontraram respaldo nos valores da tensão superficial, pois Coeficiente de correlação de Pearson entre os fatores (R) foi de 0,2255, ($p < 0,6675$), ou seja, não se observou a tendência de maior cobertura com menor tensão superficial da calda, conforme deveria ser esperado.

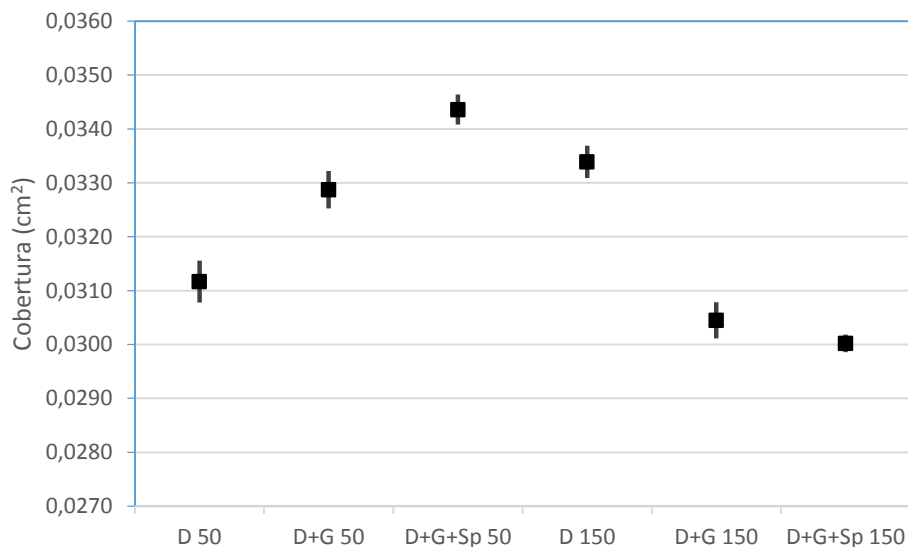


Figura 12. Valores da cobertura de 1 gota em papel hidrossensível, de mesmo volume de todas as caldas. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

4.3 Espectro de gotas

4.3.1 Diâmetro mediano volumétrico (DMV)

Os resultados de diâmetro mediano volumétrico para as aplicações com a ponta de jato plano convencional (XR) estão descritos na Figura 14. Os tratamentos que apresentaram maior DMV foram os tratamentos onde o 2,4-D foi aplicado de forma isolada, não apresentando diferença significativa entre as taxas de aplicação. Da mesma maneira que as misturas entre o 2,4-D e os demais herbicidas reduziram a tensão superficial das caldas, observa-se que estas misturas igualmente diminuíram o DMV, corroborando com o comportamento citado por Oliveira (2011), onde são apresentadas correlações positivas entre a tensão superficial e o DMV.

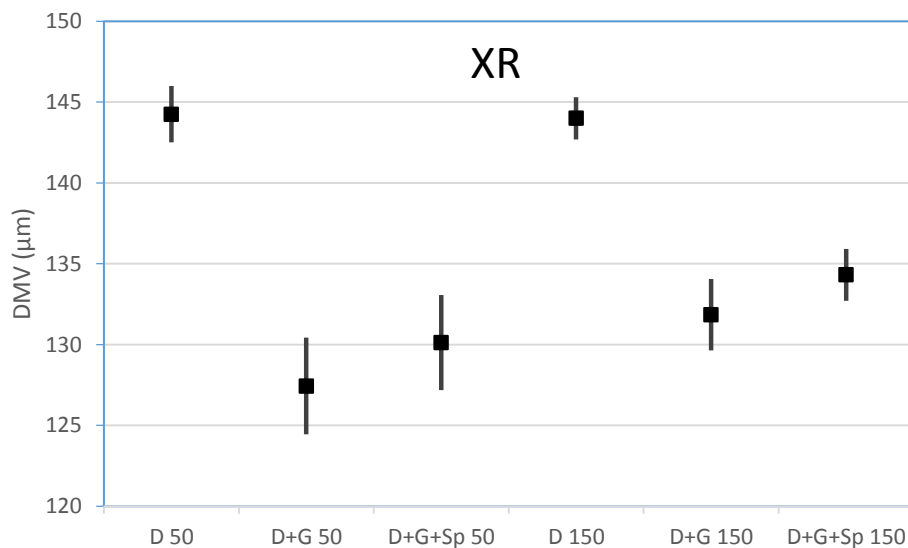


Figura 14. Diâmetro mediano volumétrico dos diferentes tratamentos em aplicação com a ponta de jato plano convencional (XR). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Os valores do DMV para as aplicações com a ponta de indução de ar estão descritos na Figura 15. Neste caso, novamente ficou evidente o maior DMV para os tratamentos onde o 2,4-D foi aplicado de forma isolada, sem diferença estatística entre as taxas de aplicação utilizadas. Porém, na aplicação com a ponta de indução de ar, os DMV's dos tratamentos com a mistura entre 2,4-D e glifosato também foram maiores, e também não diferiram significativamente entre si, ficando apenas os tratamentos com o diclosulam com menor DMV que os demais. Este fato pode estar ligado às diferenças nos surfatantes presentes nas caldas, visto que as pontas com indução respondem de maneira significativa à presença desse tipo de componente na mistura, conforme descrito por Mota (2011).

Em geral, o DMV foi muito maior quando a aplicação foi feita por pontas de indução de ar, fato observado também por Etheridge et al., (1999). Observando-se os resultados do DMV nas aplicações com as duas pontas, é possível notar um comportamento diferente da mistura entre 2,4-D e glifosato quando aplicados com a ponta de indução de ar, fato que confirma resultados de Miller; Butler Ellis, (2000), onde concluíram que pontas com indução de ar não seguem o mesmo padrão de pulverização que as pontas hidráulicas convencionais por serem mais sensíveis as variações nas características físico-químicas da calda. Ainda, é importante observar que

as misturas do 2,4 D com glifosate e diclosulam interferiram de maneira significativa no espectro de gotas gerado por ambas as pontas (XR e AI). Em geral estas misturas ocasionaram redução do DMV, principalmente nas caldas com a presença do diclosulam. Este fato pode configurar um aumento no potencial de risco de deriva das aplicações, conforme descrito por Christofolletti (1999).

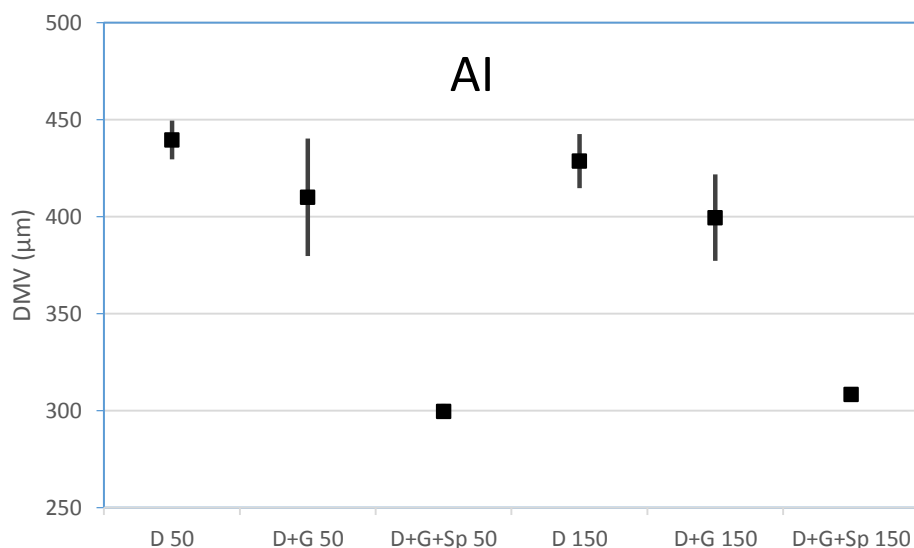


Figura 15. Diâmetro mediano volumétrico dos diferentes tratamentos em aplicação com a ponta de indução de ar (AI). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

4.3.2 Porcentagem do volume de gotas menores que 100 µm

Os valores de porcentagem do volume constituído por gotas menores que 100 µm variaram entre 27,6 e 35% para as aplicações com a ponta de jato plano convencional (XR), e estão representados na Figura 16. Nesta variável é possível perceber que o comportamento da pulverização no tratamento com o 2,4-D de forma isolada foram os que obtiveram os menores valores, em ambas as taxas, sem diferença significativa entre os dois. Em relação aos tratamentos que envolviam misturas, o percentual de gotas menores que 100 µm foi sempre maior do que na aplicação com o 2,4 D isolado. É importante ressaltar o comportamento das pulverizações somente com o 2,4-D, que apresentou maior DMV e menor percentual de gotas menores que 100 µm,

fatores que diminuem muito o risco de deriva em uma pulverização (CHRISTOFOLETTI, 1999).

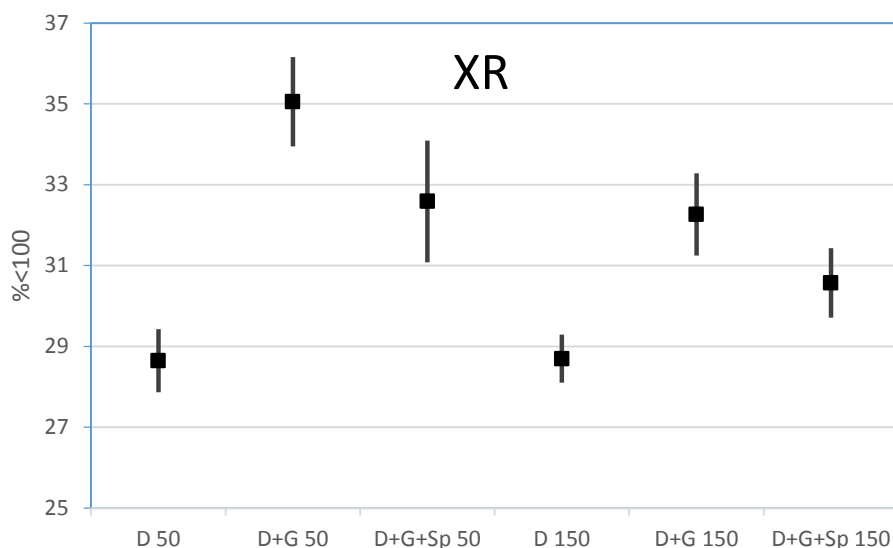


Figura 16. Valores do percentual de gotas com volumes menores que 100 μm para os diferentes tratamentos, com a ponta de pulverização de jato plano convencional (XR). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Na aplicação com a ponta AI, os valores do percentual de gotas menores que 100 μm (Figura 17) são menores do que nas pontas XR, apresentando variação de 3,4 a 7,2%. Neste caso, observa-se que apenas as caldas com diclosulam apresentaram diferenças significativas, com maior percentual de gotas menores do que 100 μm do que todos os outros tratamentos, novamente indicando que esta mistura pode de fato ter um maior risco de deriva.

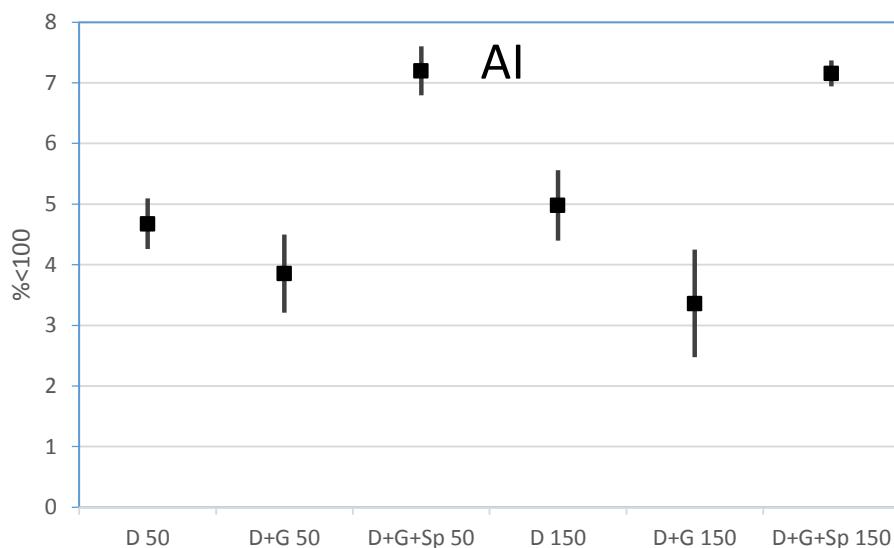


Figura 17. Valores do percentual de gotas com volume menor que 100 μm para os diferentes tratamentos, com a ponta de pulverização de indução de ar (AI). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

4.3.3 Amplitude relativa (AR)

Os valores médios da AR encontrados para os diferentes tratamentos aplicados com a ponta de jato plano XR (Figura 18) variaram de 1,42 a 1,52, mostrando reduzida variação entre os tratamentos. Nenhum dos tratamentos apresentou diferença estatística em relação às taxas de aplicação.

Os valores médios da AR encontrados para os diferentes tratamentos aplicados com a ponta AI (Figura 19) variaram de 1,57 a 1,87, mostrando-se maiores do que os valores apresentados pela ponta XR (1,42 a 1,52). Isso significa que uma pulverização com a ponta AI resulta em um espectro de gotas de qualidade inferior, em termos gerais. Neste sentido, Matthews (2000) descreve a AR como a expressão da variação do tamanho das gotas em uma pulverização, e quanto menor o seu valor, mais homogênea será o espectro de gotas. Ainda, comparando-se os tratamentos em cada taxa de aplicação, observa-se na ponta XR que há uma tendência de que a adição do diclosulam reduz a AR das misturas de 2,4 D e glifosate, com diferenças significativas na análise estatística. No caso das pontas AI, os maiores valores de AR foram obtidos pelas caldas com o 2,4 D isolado.

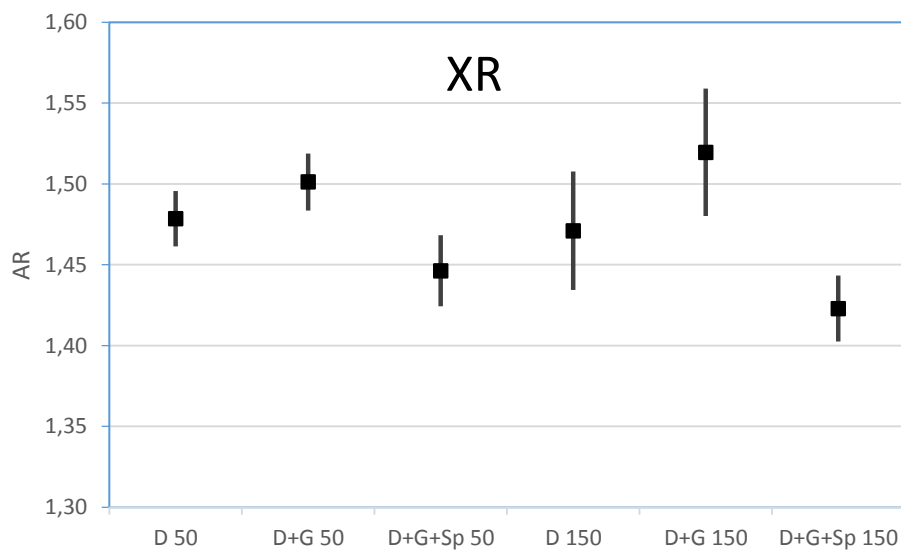


Figura 18. Valores médios de amplitude relativa para os tratamentos com aplicações feitas pela ponta de jato plano convencional. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

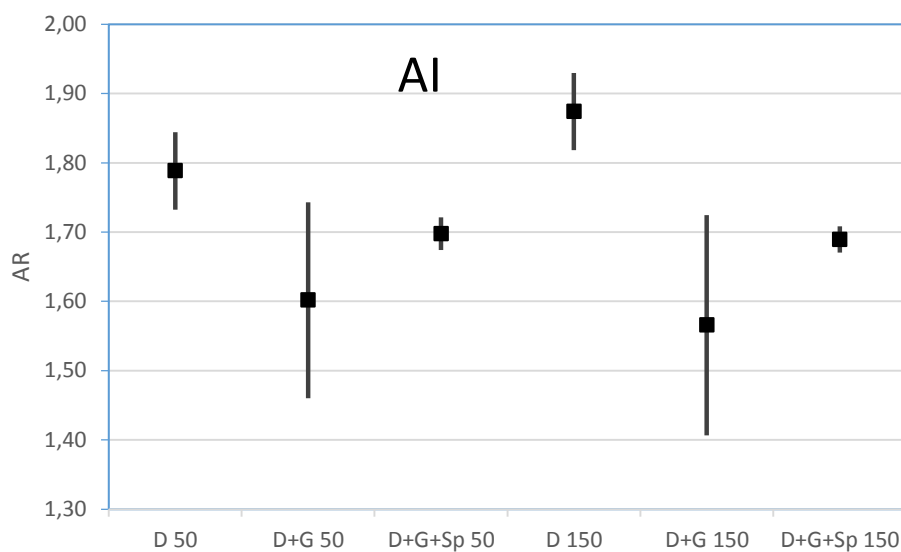


Figura 19. Valores médios de amplitude relativa para os tratamentos com aplicações feitas pela ponta de jato plano convencional. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

4.3 Análise da cobertura pulverizada em papel hidrossensível

Os valores para a cobertura da pulverização no papel hidrossensível para aplicações com a ponta XR e AI estão apresentadas nas Figuras 20 e 21, respectivamente. Observa-se para as duas pontas que, em geral, independentemente das diferenças serem ou não significativas, há uma tendência de menor cobertura para as caldas com 2,4 D isolado, com coberturas intermediárias para as misturas de 2,4 D com glifosate e coberturas maiores para as caldas que continham diclosulam. Os valores para a cobertura da pulverização no papel hidrossensível para aplicações com a ponta AI tiveram valores em média menores do que com a ponta XR, principalmente para os tratamentos com as misturas. Este resultado está em acordo com as argumentações de Antuniassi (2009), que referenciam a maior cobertura obtida na pulverização com pontas que geram gotas de menor DMV, como é o caso das pontas XR.

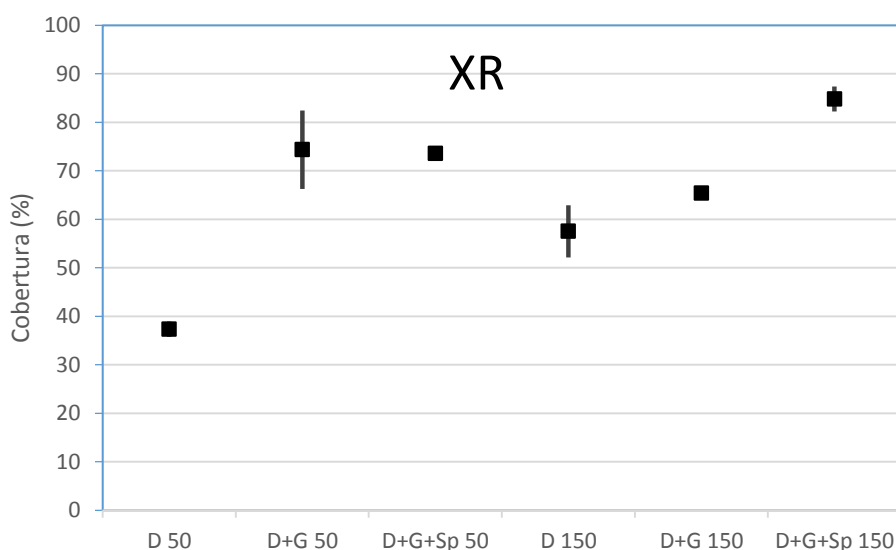


Figura 20. Percentual de área coberta em papel hidrossensível para os diferentes tratamentos, aplicados com a ponta de jato plano convencional. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

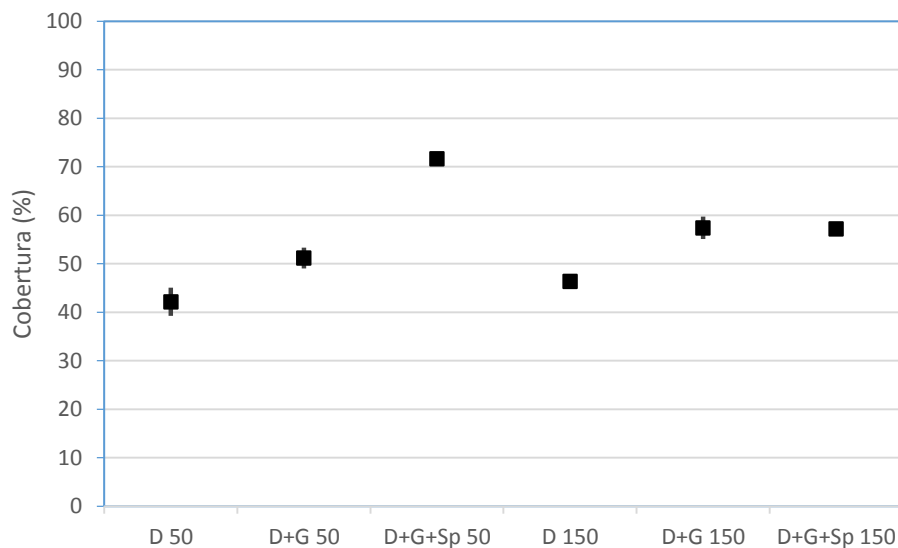


Figura 21. Percentual de área coberta em papel hidrossensível para os diferentes tratamentos, aplicados com a ponta de jato plano convencional. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

4.4 Análise das correlações entre os fatores

A Tabela 5 apresenta as correlações entre os fatores avaliados neste trabalho. Numa análise preliminar apenas do sinal (positivo ou negativo) do coeficiente de correlação, observa-se que apenas no caso da correlação entre a Tensão Superficial (TS) e a cobertura gerada por uma gota, o sinal da correlação contradiz o comportamento esperado dos fatores. Apesar de oferecer um valor reduzido do coeficiente e de sua significância, a correlação positiva entre TS e a cobertura gerada por uma gota não representa um comportamento minimamente esperado. Diversos autores descrevem que o comportamento normal das gotas é o de oferecer maior espalhamento quando a tensão superficial da calda é menor (BUTLER ELLIS et al., 2002; CUNHA et al., 2010; OLIVEIRA; ANTUNIASSI, 2012). No caso dos dados gerados neste trabalho observa-se o contrário.

Para que se pudesse entender este fenômeno, a primeira hipótese seria a da ocorrência de erro experimental na geração das gotas individuais que impregnaram o papel hidrossensível (PHS), ou mesmo um erro do processo de escaneamento da imagem. Neste caso, a Tabela 6 mostra a análise dos dados gerados

durante o processo. Observa-se que tanto nas colunas (análises das repetições de geração das gotas nos PHS) quanto nas linhas (análises das repetições de leitura do scanner) os coeficientes de variação são reduzidos (entre 0,2 e 3,2 %), mostrando que não houve variações involuntárias no processo de geração dos dados. Com isso, uma segunda hipótese, entendida como mais provável, é de que o PHS não se mostrou capaz de oferecer um espalhamento consistente das gotas em função de variações da tensão superficial das caldas, o que poderia estar ligado à própria característica física da superfície do papel.

Tabela 5. Análise das correlações entre os fatores avaliados.

Coeficiente de correlação de Pearson	R	Significância
Tensão Superficial (TS) x Cobertura gerada por uma gota	0,2255	< 0,6675
TS x DMV da ponta XR	0,9059	< 0,0129
TS x DMV da ponta AI	0,6275	< 0,1823
Cobertura gerada pela ponta XR x DMV da ponta XR	-0,7594	< 0,0799
Cobertura gerada pela ponta AI x DMV da ponta AI	-0,8627	< 0,0270
TS x Cobertura gerada pela ponta XR	-0,7032	< 0,1191
TS x Cobertura gerada pela ponta AI	-0,6857	< 0,1326

Observando-se as demais correlações apresentadas na Tabela 5, é possível verificar que todas apresentam o sentido esperado, positivo ou negativo, de acordo com os preceitos básicos da tecnologia de aplicação, com maior ou menor nível de significância. Assim, observa-se que as caldas de menor TS ofereceram as gotas menores em ambas as pontas, sendo que este processo é mais evidente na ponta XR, cujo coeficiente de correlação é alto e bastante significativo. No caso da ponta AI, o menor coeficiente de correlação e o menor índice de significância reforçam o comportamento diverso desse tipo de tecnologia, conforme relatado por Mota (2011).

Tabela 6. Análise dos dados gerados durante o processo de geração das gotas individuais e das leituras da imagem dessas gotas pelo scanner.

Tratamentos	Análise das gotas	Análise das leituras			Média (cm ²)	Desvio Padrão	CV Leituras (%)
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3			
D 50	papel 1	0,0311	0,0302	0,0307	0,0307	0,0005	1,50
	papel 2	0,0306	0,0319	0,0319	0,0315	0,0008	2,41
	papel 3	0,0318	0,0316	0,0319	0,0318	0,0001	0,41
	Média (cm ²)	0,0311	0,0312	0,0315			
	Desvio Padrão	0,0006	0,0009	0,0007			
	CV das gotas (%)	1,90	2,94	2,17			
D+G 50	papel 1	0,0323	0,0323	0,0324	0,0323	0,0001	0,23
	papel 2	0,0319	0,0327	0,0340	0,0329	0,0011	3,23
	papel 3	0,0329	0,0328	0,0336	0,0331	0,0004	1,27
	Média (cm ²)	0,0324	0,0326	0,0333			
	Desvio Padrão	0,0005	0,0003	0,0008			
	CV das gotas (%)	1,64	0,84	2,46			
D+G+Sp 50	papel 1	0,0350	0,0339	0,0335	0,0341	0,0008	2,40
	papel 2	0,0341	0,0346	0,0348	0,0345	0,0003	1,01
	papel 3	0,0346	0,0346	0,0340	0,0344	0,0004	1,10
	Média (cm ²)	0,0346	0,0344	0,0341			
	Desvio Padrão	0,0005	0,0005	0,0007			
	CV das gotas (%)	1,33	1,32	1,94			
D 150	papel 1	0,0328	0,0333	0,0328	0,0330	0,0003	0,92
	papel 2	0,0329	0,0336	0,0332	0,0332	0,0003	0,99
	papel 3	0,0337	0,0333	0,0340	0,0337	0,0003	0,98
	Média (cm ²)	0,0332	0,0334	0,0333			
	Desvio Padrão	0,0005	0,0002	0,0006			
	CV das gotas (%)	1,50	0,45	1,80			
D+G 150	papel 1	0,0306	0,0314	0,0312	0,0311	0,0004	1,36
	papel 2	0,0307	0,0302	0,0297	0,0302	0,0005	1,74
	papel 3	0,0298	0,0302	0,0297	0,0299	0,0003	0,91
	Média (cm ²)	0,0304	0,0306	0,0302			
	Desvio Padrão	0,0005	0,0007	0,0009			
	CV das gotas (%)	1,64	2,23	3,01			
D+G+Sp 150	papel 1	0,0297	0,0299	0,0299	0,0298	0,0002	0,51
	papel 2	0,0298	0,0302	0,0302	0,0301	0,0002	0,76
	papel 3	0,0307	0,0303	0,0299	0,0303	0,0004	1,30
	Média (cm ²)	0,0301	0,0301	0,0300			
	Desvio Padrão	0,0006	0,0002	0,0002			
	CV das gotas (%)	1,90	0,67	0,50			

Os coeficientes negativos e bastante significativos da correlação entre a cobertura e o DMV para ambas as pontas mostra que o PHS se mostrou ferramenta adequada para a análise simples de cobertura quando avaliamos diferentes tamanhos de gotas. Por outro lado, apesar de apresentarem sinais coerentes, as correlações entre a TS e a cobertura para as duas pontas apresentam menor nível de significância e estão mais provavelmente ligadas ao próprio tamanho das gotas geradas do que à TS em si, dado o comportamento obtido na análise das gotas individuais já discutido anteriormente.

Do ponto de vista prático, o resultado mais importante nesta análise de correlações é aquele que mostra a ineficácia do PHS neste trabalho em oferecer uma correlação robusta entre o espalhamento das gotas e a TS das caldas. É importante analisar, neste caso, que as caldas usadas são provenientes de misturas de tanque similares às utilizadas normalmente a campo, e que apresentavam diferenças significativas entre suas tensões superficiais. Por esta razão, entende-se que o PHS não se mostrou ferramenta adequada para a comparação de diferentes caldas, visto que o comportamento do fator de espalhamento das gotas se mostrou inconsistente. Por outro lado, quando exposto a gotas de diferentes tamanhos, o PHS conseguiu expressar correlação consistente entre tamanho de gotas e cobertura, como esperado, mostrando que o PHS pode ser útil na comparação de diferentes tecnologias de geração de gotas que sejam usadas com a mesma calda.

5 CONCLUSÕES

As misturas do 2,4 D com glifosate e diclosulam interferiram de maneira significativa no espectro de gotas gerado pelas pontas de jato plano XR e AI. Em geral estas misturas ocasionaram redução do DMV e aumento do percentual de gotas menores do que 100 μm , principalmente nas caldas com a presença do diclosulam, com potencial de aumento do risco de deriva das aplicações.

O papel hidrossensível não ofereceu correlação robusta entre o espalhamento das gotas e a TS das caldas, e por esta razão não deve ser considerado uma ferramenta adequada para a comparação de diferentes caldas. Por outro lado, o papel hidrossensível conseguiu expressar uma correlação consistente entre tamanho de gotas e cobertura, podendo ser considerado como ferramenta útil na comparação de diferentes tecnologias de geração de gotas que sejam usadas com a mesma calda.

6 REFERÊNCIAS

ALONSO, D. G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R. S.; SANTOS, G.; DAN, H. A.; OLIVEIRA NETO, A. M. Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta daninha**, Viçosa, v.31, n.1. 2013.

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja 2009**, Rondonópolis, n.13, p. 299-315, 2009.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008. p. 174-175.

ANTUNIASSI, U.R., BAIO, F.H.R, BIZARI, I.R. Sistema de suporte a decisão para seleção de pontas de pulverização em sistemas de aplicação de defensivos In: V Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2005, Londrina/PR. **Agronegócio, Tecnologia e Inovação**. Londrina/PR: SBI-Agro, 2005. v.1. p.1 - 2

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

BOSCHINI, L. et al. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.2, p.171-175, 2008.

BUTLER ELLIS, M. C. et al. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. **Biosystems Engineering**, Auburn, v.82, n.3, p.289-296, 2002.

CAMARA, F. T. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, 2008.

CARVALHO, F. T. et al. Manejo químico das plantas daninhas *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* em sistema de plantio direto da cultura de soja. **Planta Daninha**, v. 20, p. 145-150, 2002.

CAVALIERI, J. D. **Pontas e velocidade de deslocamento na deposição de gotas da pulverização na cultura do algodão**. 2013, 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

CHAIM, A. **História da pulverização**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 17p. (Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa).

CHECHETTO, R. G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização**. 2011, 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

CHRISTOFOLETTI, J. C. Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle. São Paulo: Teejet South América, 1999. p. 15.

CORREA, T. M.; VELINI, E. D.. Desenvolvimento de equipamento para medição da tensão superficial estática de soluções. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Resumos do XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2002.** v. 1. p. 686-686.

COSTA, E. A. D. **Efeitos de surfatantes sobre a tensão superficial de soluções de Rodeo.** Botucatu, 1997. 72 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, Número Especial, p. 1153-1158, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 283-291, abr./jun. 2008.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 977-985, out. 2004.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.) **Fungicide: an advanced treatise.** New York: Academic Press, 1967. p.239-86.

DURIGAN, J. C.; CORREIA, N. M. Efeito de adjuvantes na aplicação e eficácia de herbicidas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas.** Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008. p. 134-171.

ETHERIDGE, R. E.; WOMAC, A. R.; MUELLER, T. C. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 4, p. 765-70, 1999.

FERREIRA, M. C. et al. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, 2007.

FLINT, J.L.; BARRET, M. Effects of glyphosate combinations with 2,4-D or dicamba on field bindweed (*Convolvulus arvensis*). **Weed Sci.**, v.37, n.1, p.12-18, 1989.

FOX, R.D., et al. Visual and image system measurement of spray deposits using water sensitive paper. **Appl. Eng. Agric.** v 19 n. 5, 549–552, 2003.

GAEDE, M. et al. **Controle de buva (conyza spp.) utilizando diferentes formulações de glifosato e com a associação de glifosato com 2,4-d e diclosulan**. Seminario Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, pp. 50-54. Fev. 2010

HANKS, J. E. Effect of drift retardant adjuvants on spray droplet size of water and paraffinic oil applied at ultralow volume. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 2, p. 380-384, abr./jun. 1995.

HOFFMANN, W. C.; HEWITT, A. J. Comparison of three imaging systems for water-sensitive papers. **Appl. Eng. Agric.**, v. 21, n. 6, p. 961-964, 2005.

KAGI, F. Y. Mistura em tanque: problemática legal e suas implicações na prática (registro, recomendação, aplicação). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 6., 2013, Londrina. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2013.

KOSLOWSKI, L.A.; SIMÕES, D.F.M. Sistemas de dessecação em plantio direto e sua influência sobre as épocas de controle de plantas daninhas em pós-emergência na

cultura do milho. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2010, Ribeirão Preto, **Anais...** 2071-2075.

KIRK, I. W. Spray mix adjuvants for spray drift mitigation. **ASABE** Paper No. AA03-003. St. Joseph: ASABE, 2003.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 432 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MOTA, A. A. B. **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes**. 74 f. Dissertação Mestrado, UNESP – Campus Botucatu. 2011.

OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R. Caracterização física e química e potencial de deriva de caldas contendo surfatantes em pulverizações agrícolas. **Energia na Agricultura**, Botucatu. v.27, n.1, p.138-149, jan./mar. 2012.

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011, 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

OZKAN, H. E. et al. Effect of shielding spray boom on spray deposition. In: GOSS, G. R.; HOPKINSON, M. J.; COLLINS, H. M. (Eds.). **Pesticide formulations and application systems**. Ann Arbor: ASTM, 1997. p. 129-142.

PRADO, E. P. et al. Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 1, p.45-50, Mar. 2010.

PETTER, F.A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 449-457, 2012.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Utilização do herbicida 2,4-d na dessecação de manejo em lavoura de soja no sistema de plantio direto**. *Magistra*, Cruz das Almas-BA, v. 21, n. 3, p. 187-193, jul./set., 2009.

REZENDE, D. T. **Análise comparativa de métodos para quantificação dos depósitos da pulverização em diferentes alvos**. 67 f., 2011. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista , Botucatu, 2011.

SOUZA, L. A. et al. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 78-85, jan-mar, 2012.

TANG, X.; DONG, J. A comparison of spreading behaviors of Silwet 1-77 on dry and wet lotus leaves. **Journal of Colloid and Interface Science**, New York, v. 325, p. 223-227, 2008.

TOLLERVEY, F.E.; FRANS, R.; PANIAGUA, O.; LARA, R. Weed control investigations in Bolivian crops 1977-1978. **Weed Mist.**, v.29, n.7, p.225, 1979.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. Resistência de amendoim-bravo aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 367-373, 1999.

VILLALBA, J.F.; DAGOBERTO, M.; COSTA, N.V.; DOMINGOS, V.D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1.738-1.744, 2009.

YATES, W.E., AKESSON, N.B. Fluorescent tracers for quantitative microresidue analyses. **Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)**, v. 6, 1963. p.105-4.

ZHU, H. et al. Influence of spray additives on droplet evaporation and residual patterns on wax and wax-free surfaces. **ASABE** Paper No. 083752, St. Joseph, June 2008.