

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**QUANTIFICAÇÃO DO AR INCLUÍDO E ESPECTRO DE GOTAS DE  
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO EM APLICAÇÕES COM ADJUVANTES**

**ALISSON AUGUSTO BARBIERI MOTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp – Câmpus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**QUANTIFICAÇÃO DO AR INCLUÍDO E ESPECTRO DE GOTAS DE  
PONTAS DE PULVERIZAÇÃO EM APLICAÇÕES COM ADJUVANTES**

**ALISSON AUGUSTO BARBIERI MOTA**

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp – Câmpus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre  
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Fevereiro – 2011

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

M917q Mota, Alisson Augusto Barbieri, 1987-  
Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicação com adjuvantes / Alisson Augusto Barbieri Mota. - Botucatu : [s.n.], 2011  
viii, 63 f. : il., color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011  
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi  
Inclui bibliografia

1. Tecnologia de aplicação. 2. Pontas com indução de ar  
3. Pulverização. I. Antuniassi, Ulisses Rocha. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: "QUANTIFICAÇÃO DO AR INCLUÍDO E ESPECTRO DE GOTAS DE PONTAS  
DE PULVERIZAÇÃO EM APLICAÇÕES COM ADJUVANTES"

ALUNO: ALISSON AUGUTO BARBIERI MOTA

ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado pela Comissão Examinadora



---

PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



---

PROF. DR. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB



---

PROF. DR. MARCO ANTONIO GANDOLFO

Data da Realização: 08 de fevereiro de 2011.

**Dedico**

Ao meu pai José Nivaldo Mota;  
A minha mãe Lucimar Barbieri Mota;  
Ao meu irmão Humberto Barbieri Mota.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço:

A Deus, pela proteção, força e iluminação, permitindo que eu concluísse mais esta etapa em minha vida.

Ao professor Dr. Ulisses Rocha Antuniassi, pela orientação, dedicação, apoio e a amizade.

Ao professor Dr. Marcelo Gonçalves Balan, pelo incentivo e apoio para a realização de meu mestrado, e também pela amizade.

Ao professor Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab, pela intermediação para a realização de meu mestrado e as valiosas contribuições para a finalização deste trabalho.

Ao professor Dr. Marco Antônio Gandolfo pelas preciosas dicas e contribuições para este trabalho.

Ao prof. Dr. Kleber Pereira Lanças e ao prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, pelas e contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos amigos e amigas Anne Caroline Arruda e Silva, Caroline Michels Vilela, Fernando Kassis Carvalho, Jonas Felipe Salvador, Maria Perez de Oliveira, Neilor Bugoni Riquetti, Rafael de Souza Boiani, Rodolfo Glauber Chechetto, Rone Batista de Oliveira, pela grande amizade, companheirismo, ajuda, paciência (que foi muita!) e apoio durante esta trajetória.

Ao Antônio Carlos Silva, pela amizade e companheirismo, e por compartilhar suas experiências para as realizações dos trabalhos do laboratório.

Aos amigos Guilherme Henrique Rodrigues Moleiro e Marcella Guerrero Jesus pela amizade e ajuda com os experimentos rotineiros.

A todos os amigos da patrulha.

Aos amigos, colegas de classe, professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos.

**SUMÁRIO**

DEDICATÓRIA.....	II
AGRADECIMENTOS .....	III
LISTA DE TABELAS .....	VI
LISTA DE FIGURAS .....	VII
RESUMO .....	1
SUMMARY .....	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Tecnologia de Aplicação .....	7
2.2 Tamanho de gota e cobertura dos alvos .....	9
2.3 Perdas por deriva .....	11
2.4 Pontas de pulverização .....	13
2.5 Pontas com indução de ar .....	14
2.6 Adjuvantes.....	19
2.7 Características físicas da calda que influenciam o processo de formação de gotas ....	20
2.8 Interferência de adjuvantes no tamanho de gotas e risco de deriva .....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Local.....	24
3.2 Tratamentos e análise estatística .....	24
3.3 Material .....	27
3.3.1 Captura das gotas pulverizadas para determinação do percentual de ar incluído .	27
3.3.2 Análises do espectro de gotas .....	30
3.4 Métodos .....	30

3.4.1	Método para a determinação da porcentagem de ar incluído na pulverização .....	30
3.4.2	Análises do espectro de gotas .....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1	Estimativa da porcentagem de ar incluído nas gotas pulverizadas .....	37
4.2	Diâmetro mediano volumétrico.....	39
4.3	Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 $\mu\text{m}$ .....	42
4.4	Amplitude Relativa.....	44
4.5	Comparação das variáveis de espectro de gotas entre as três pontas avaliadas .....	46
4.6	Correlação entre as diferentes variáveis .....	47
5	CONCLUSÕES .....	54
6	REFERÊNCIAS .....	55



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Densidade teórica de gotas na pulverização de 1 litro por hectare.....	11
Tabela 2. Limites de temperatura e umidade relativa do ar para diferentes tamanhos de gotas	12
Tabela 3. Descrição das pontas utilizadas na avaliação do espectro de gotas e porcentagens de ar incluído na pulverização .....	25
Tabela 4. Descrição dos adjuvantes, abreviaturas, utilizados nas análises de espectro de gotas e estimativa da porcentagem de ar incluído a pulverização.....	25
Tabela 5. Descrição dos tratamentos utilizados para avaliação do espectro de gotas e estimativa de ar incluído na pulverização.....	26
Tabela 6. Descrição e abreviaturas dos tratamentos.....	36
Tabela 7. Correlação entre as variáveis de espectro de gotas e % de ar incluído para as pontas com indução de ar. ....	48
Tabela 8. Correlação entre as variáveis de espectro de gotas e % de ar incluído para a ponta DG.....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de um tubo de Venturi .....	15
Figura 2. Constituição geral de uma ponta de pulverização com inclusão de ar.....	16
Figura 3. Dimensões da estrutura para captura da pulverização. ....	27
Figura 4. Esquema do sistema de pulverização montado sobre o funil coletor.....	29
Figura 5. Analisador de partículas Mastersizer S (Malvern Instruments).....	30
Figura 6. Determinação da massa de 2 L da calda a ser pulverizada .....	31
Figura 7. Coleta da pulverização capturada pelo funil .....	33
Figura 8. Detalhe do ponto em que foi feita a leitura da mistura de ar mais líquido capturada	33
Figura 9. Determinação da massa da calda coletada. ....	34
Figura 10. Detalhe da ponta de pulverização e sentido do movimento para interceptação do feixe de laser. ....	35
Figura 11. Porcentagem de ar incluído na pulverização por diferentes pontas e adjuvantes. Para a comparação dos resultados.....	38
Figura 12. Médias da porcentagem de ar incluído na pulverização das diferentes caldas para as três pontas avaliadas .....	39
Figura 13. Diâmetro mediano volumétrico (DMV), para diferentes caldas, de acordo com as pontas de pulverização GA, ULD e DG. ....	41
Figura 14. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 $\mu\text{m}$ (%vol.<100 $\mu\text{m}$ ), para diferentes caldas, de acordo com as pontas de pulverização GA, ULD e DG.....	43
Figura 15. Amplitude relativa (AR), para diferentes caldas, de acordo com as pontas de pulverização GA, ULD e DG.....	45
Figura 16. Valores médios de DMV ( $\mu\text{m}$ ), %vol.<100 $\mu\text{m}$ e AR, para as diferentes pontas de pulverização. ....	47
Figura 17. Amplitude relativa (AR) em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para as pontas com indução de ar GA e ULD.....	49
Figura 18. Porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 $\mu\text{m}$ (%vol.<100 $\mu\text{m}$ ) em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para as pontas com indução de ar GA e ULD.....	50

Figura 19. Amplitude relativa (AR) em função da porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 $\mu\text{m}$ (%vol.<100 $\mu\text{m}$ ) para as pontas com indução de ar GA e ULD.....	50
Figura 20. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 $\mu\text{m}$ (%vol.<100 $\mu\text{m}$ ) em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta DG. ....	51
Figura 21. Porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 $\mu\text{m}$ (%vol.<100 $\mu\text{m}$ ) em função da porcentagem de ar incluído na pulverização (% de ar incluído) para as pontas com indução ar GA e ULD.....	52
Figura 22. Amplitude relativa (AR) em função da porcentagem de ar incluído na pulverização (% de ar incluído) para as pontas com indução ar GA e ULD.....	53

## **RESUMO**

O presente trabalho teve por objetivo verificar a interferência de adjuvantes na quantidade de ar incluído em gotas geradas por pontas com indução de ar, bem como avaliar o espectro resultante destas condições de pulverização. Para o estudo foram utilizadas nove caldas, sendo uma composta apenas por água e oito soluções contendo adjuvantes (óleo mineral, óleo vegetal, mistura de lecitina e ácido propiônico, nonil fenoxi poli etanol, dois adjuvantes a base de nonil fenol etoxilado, copolímero de poliéster e silicone, e lauril éter sulfato de sódio) e três pontas de pulverização jato plano, sendo duas com indução de ar (Air Guardian e Ultra Lo-Drift – Hypro) e uma com pré-orifício (Drift Guard – Spray Systems). O estudo foi realizado em duas etapas, sendo elas a quantificação do ar incluído nas gotas de pulverização e a análise do espectro produzido. O ar incluído foi calculado através da diferença de volume da mistura pulverizada (ar mais líquido) e apenas do líquido, que foi feito por meio de coletas de amostras de pulverização em uma proveta graduada. A determinação do espectro de gotas foi realizada por um analisador de tamanho de partículas por difração de raios laser Mastersizer S (Malvern Instruments). Para análise estatística os valores das variáveis do espectro de gotas e % ar incluído para os diferentes adjuvantes e pontas foram comparados pelo Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias a 5 % de probabilidade (IC95%). Também foram feitas as correlações entre as diferentes variáveis através do coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade. As análises do espectro de gotas demonstraram diferenças entre os adjuvantes, assim como diferenças de comportamento dos adjuvantes de acordo com o tipo de ponta. Todos os adjuvantes ocasionaram o aumento do percentual de ar incluído nas

gotas em relação à água, observando-se comportamentos distintos para cada ponta. Para as relações entre as variáveis de espectro de gotas e o percentual de ar incluído, somente nas pontas com indução de ar foram encontradas correlações negativas significativas, sendo elas entre o percentual de ar incluído com o percentual de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  e com índice spam (qualidade do espectro de gotas), indicando que o aumento do percentual de ar incluído nas pontas com indução de ar ocasiona a diminuição tanto do percentual de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  quanto do índice spam, conferindo características desejáveis para a redução da deriva.

---

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, pontas com indução de ar, pontas com pré-orifício.

MEASUREMENT OF AIR INCLUSIONS AND DROPLET SPECTRUM OF SPRAY  
NOZZLES IN APPLICATIONS WITH ADJUVANTS.

Botucatu, 2010. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) -  
Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ALISSON AUGUSTO BARBIERI MOTA

Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

**SUMMARY**

This study aimed to verify the influence of adjuvants on the amount of air included in droplets generated by spray nozzles with air induction, as well as to evaluate the droplet spectrum generated in these conditions. For the study, it were used nine spray solutions, one including only water and eight containing adjuvants (mineral oil, vegetable oil, a mixture of lecithin and propionic acid, nonyl phenoxy poly ethanol, the two adjuvants based on nonyl phenol ethoxylate based, copolymer polyester and silicon, and sodium lauryl ether sulfate) and three flat fan spray nozzles, including two air induction (Air Guardian and Ultra Lo-Drift - Hypro) and a pre orifice (Drift Guardian - Spray Systems). The study was conducted in two steps: the quantification of air included in the spray droplets and the droplet spectrum produced. The amount of air included was calculated by the difference in volume of the solution after praying (liquid plus air) and only the solution (before spraying), which was

done by collecting samples of the solutions in a graduated cylinder. The determination of the droplet spectrum was carried out by a particle size analyzer by laser device Mastersizer S (Malvern Instruments). Data collected for the variables of droplet spectrum and air included with different adjuvants and nozzles were subjected to statistical analysis by the calculation of the Confidence Interval at 95% (CI95%). Correlations between different variables were calculated by Pearson's correlation at 5% probability. The analysis of the droplet spectrum showed differences between the different adjuvants, as well as differences in the behavior of adjuvants according to the type of nozzle. All adjuvant caused an increase in the percentage of air included compared to the water, in which some different behaviors were observed for each nozzle. Looking at the relations between the variables of droplet spectrum and percentage of air included, only the air induction nozzles showed negative significant correlations between the percentage of air included with the percentage of droplets smaller than 100 micrometers (<100) and with the spam (quality of the spectrum), showing that an increase in the air included caused a decrease in the <100 and a better quality of the spectrum, making the characteristics of the spectrum more desirable because of the better quality and the potential reduction of the spray drift.

---

Keywords: Application technology, air induction nozzle, pre-orifice nozzle.

## 1 INTRODUÇÃO

A ponta é um dos principais componentes nas pulverizações, influenciando diretamente na qualidade e eficiência do trabalho. A função da ponta é formar gotas por meio da passagem da calda pressurizada por um orifício, ocasionando a quebra da massa de líquido em gotas. Além disso, as pontas também têm como função determinar a vazão, distribuição e padrão de gotas.

A escolha do padrão de gotas é essencial em pulverizações agrícolas, pois apresenta interferência direta na eficiência do produto aplicado e nas perdas por deriva. Além de ser influenciado pelo modelo da ponta de pulverização, o padrão de gotas produzido também sofre influência da pressão de trabalho e das características físicas da calda. Estas características são bastante variáveis de acordo com a formulação do produto e o tipo de adjuvante que é utilizado.

Adjuvantes de uso agrícola são produtos sem efeito fitossanitários utilizados para melhorar o processo de aplicação e eficiência dos agrotóxicos. Os adjuvantes podem desempenhar diversas funções, que variam de acordo com o tipo e formulação de cada produto. Os adjuvantes redutores de deriva são bastante empregados, atuando principalmente no aumento do tamanho de gotas e na diminuição da porcentagem de gotas pulverizada com diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$ .



As pontas com indução de ar têm sido utilizadas com sucesso nas operações de aplicação de defensivos, principalmente por apresentar um potencial na redução da deriva, sendo recomendadas principalmente para aplicações em que não são exigidos níveis elevados de cobertura, como no caso de herbicidas de ação sistêmica. Estas pontas se destacam das demais por formarem gotas grandes que são menos propensas ao efeito de rebote e de escorrimento ao atingir uma superfície. Este fato se deve a estas pontas possuírem um sistema que segue o princípio de um tubo de Venturi, o qual succiona o ar do ambiente através de orifícios laterais, incorporando o ar no fluxo de líquido. A pulverização resultante forma gotas com bolhas de ar incluídas em seu interior.

Sabe-se que o comportamento dos adjuvantes pode ser bastante variável de acordo com as diferentes pontas de pulverização. Entretanto, há pouca informação a respeito deste processo, principalmente para pontas com indução de ar. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo verificar a interferência de adjuvantes na quantidade de ar incluído em gotas geradas por pontas com indução de ar e pontas com pré-orifício, assim como avaliar o espectro de gotas resultante destas condições de pulverização.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Tecnologia de Aplicação**

O aumento nos custos de aplicação de agrotóxicos, assim como na mão-de-obra, a energia despendida e também a crescente mobilização da sociedade em relação à poluição ambiental, faz com que haja um aumento na necessidade da utilização de tecnologias mais acuradas na aplicação de agrotóxicos. A tecnologia de aplicação consiste no uso dos conhecimentos científicos para que seja feita a colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de forma economicamente viável e com o mínimo possível de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990).

Existem vários métodos para aplicação de produtos fitossanitários, que podem ser agrupados em aplicações por via sólida, líquida e gasosa sendo a mais utilizada a via líquida, que pode ser feita na forma de gotas (pulverização), na forma de filete líquido (rega ou injeção) ou então na forma de gotas com tamanho bastante reduzido (nebulização) (RAMOS e PIO, 2008). Dentre todas as técnicas a pulverização hidráulica, através de pontas de pulverização, é a mais difundida devido a sua grande versatilidade (TEIXEIRA, 1997; OZKAN et al, 1993), além disso, por ser uma técnica bastante antiga, há uma ampla variedade de equipamentos apropriados para diversas situações (RAMOS e PIO, 2008).

A pulverização para o controle fitossanitário além de depender de fatores como ação comprovada do produto depende também da tecnologia empregada em sua

aplicação. Para que o produto depois de aplicado tenha eficiência, sofre influência de fatores como forma, tamanho e posição do alvo; a densidade, o diâmetro e a velocidade das gotas pulverizadas e direção e a velocidade do fluxo de ar (BALAN et al., 2006)

Para Antuniassi e Baio (2008) o sucesso de uma aplicação está relacionado à seleção das pontas de pulverização, ajuste do volume de calda, parâmetros operacionais, condições ambientais favoráveis e momento correto da aplicação, devendo sempre levar em consideração as recomendações agronômicas de cada produto.

Depois que o produto é aplicado, e tendo a planta como alvo biológico, a interação com a planta é outro fator que influenciará diretamente na qualidade da aplicação. A absorção do produto pelas plantas pode ser de duas formas, por meio de raízes ou parte aérea. Quando a absorção do produto se dá pela parte aérea a dificuldade é maior, devido às estruturas anatômicas da planta responsáveis por impedir seu ressecamento, principalmente pela deposição de cutina nas folhas, que forma a cutícula, sendo estas substâncias impermeabilizantes, das quais impedem a movimentação parcial ou total de água e soluções (RODRIGUES, 2009). O uso de alguns adjuvantes tem efeitos favoráveis na quebra destas barreiras, melhorando a qualidade da aplicação.

O grau de permeabilidade e a espessura da cutícula são influenciados principalmente pelo estado de hidratação e idade da folha, temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, disponibilidade de água no solo e a intensidade luminosa (RODRIGUES, 2009).

As condições climáticas no momento da aplicação é outro fator importante, que terá influência direta nas perdas por deriva e na eficiência do produto após atingir o alvo biológico. Fornarolli et al. (1999), avaliando efeito de horários de aplicação na eficiência de herbicidas pós-emergentes na cultura do milho, constatou que os melhores resultados foram obtidos para aplicações nos horários do dia em que a umidade do ar estava acima de 65%. No mesmo trabalho, no período da tarde, em que as condições de umidade relativa do ar e temperatura foram iguais aos períodos da manhã, os resultados de controle não foram tão altos quanto o período da manhã. Segundo os autores, mesmo a condição climática sendo igual para os dois períodos, a condição biológica da planta foi diferente, que contribuiu para uma melhor eficácia do produto no período da manhã. Resultados semelhantes foram obtidos por Marochi (1993) no controle de infestantes do milho sob condições de estresse por seca. Neste estudo, os melhores resultados para o controle foram observados nas aplicações

feitas no período da manhã (6:00 horas e 9:00 horas) do que comparado aos períodos da tarde, em condições de umidade relativa e temperatura do ar semelhantes.

## 2.2 Tamanho de gota e cobertura dos alvos

Para que haja sucesso em uma aplicação, a escolha do padrão de gotas é extremamente importante, pois influencia diretamente na cobertura do alvo e riscos de perdas por deriva. Segundo Cunha (2003), tal conhecimento é importante, pois é necessário adequar o tamanho das gotas pulverizadas às condições locais a fim de obter melhores resultados biológicos e garantir a segurança ambiental. O padrão de gotas adequado é aquele que proporciona o máximo controle da praga em questão, utilizando a menor quantidade possível de produto e com a mínima contaminação ambiental (HIMEL, 1969).

Courshee (1967), apud Matuo (1990), expressa a cobertura de um alvo através de uma equação em que é possível observar a interação entre os principais fatores que influenciam a cobertura:

$$C = 15 \frac{V.R.K^2}{A.D}$$

Onde:

C = cobertura (% área)

V = volume de pulverização (L ha<sup>-1</sup>)

R = taxa de recuperação (% do volume aplicado que é capitado pelo alvo)

K = fator de espalhamento das gotas;

A = superfície vegetal existente por hectare;

D = diâmetro das gotas

Segundo a equação, a cobertura pode ser melhorada com o aumento do volume de calda por unidade de área (taxa de aplicação). Quanto maior esta taxa em um mesmo tamanho de gotas, maior a quantidade de gotas produzidas por centímetro quadrado. Entretanto, o aumento do volume de calda diminui a eficiência operacional das aplicações. A redução nos volumes de aplicação é uma técnica bastante difundida, que tem por vantagem diminuir os custos de aplicação. Porém volumes de calda muito baixos exigem o uso de gotas

pequenas para que seja mantido o nível de cobertura. Estas gotas são facilmente perdidas por deriva, ou então se utilizado gotas grossas, há uma diminuição muito grande na cobertura dos alvos (HANKS, 1995).

O aumento da taxa de recuperação, também aumenta a cobertura, sendo a taxa de recuperação caracterizada como a porcentagem de produto que efetivamente atingirá o alvo, portanto, uma forma de aumentar a taxa de recuperação é a diminuição de perdas de produto por deriva. As perdas por deriva podem apresentar valores bastante representativos, e causar grandes prejuízos devido ao desperdício de produto que não atinge o alvo e contaminação de áreas susceptíveis, Chaim et al. (1999) constataram valores de perdas, seja ela por escorrimento, carregamento ou evaporação de até 70% do volume aplicado na cultura do tomate. Matuo (1988) verificou derivas superiores a 50% na cultura de citros.

O fator de espalhamento é caracterizado pela capacidade que a gota tem de espalhar na superfície do alvo, esta é influenciada pela tensão superficial da calda pulverizada. Segundo Durigan e Correia (2008) a tensão superficial é a força exercida pelas moléculas do líquido que fazem interface com o ar para se manterem unidas, em que, quanto maior essa força maior a tensão superficial e menor a capacidade de uma gota em se espalhar. Segundo a equação de Courshee, o aumento do fator de espalhamento, que é obtido pela diminuição da tensão superficial, aumenta a cobertura dos alvos. O uso de alguns tipos de adjuvantes tem influência direta nesta propriedade da calda.

O diâmetro de gotas também tem grande relação com a cobertura dos alvos, quanto menor o tamanho de gotas pulverizado em um mesmo volume de calda, maior a quantidade de gotas por centímetro quadrado (Tabela 1), que, conseqüentemente aumenta a superfície de contato da calda no alvo, aumentando a cobertura.

Ainda segundo a equação de Courshee, a quantidade de área foliar produzida por uma cultura também tem interferência direta na cobertura, em que, quanto mais área foliar a cultura apresentar, sem que sejam alteradas as outras variáveis, menor será a cobertura. A tecnologia de aplicação deve acompanhar o desenvolvimento da cultura e o aumento da área foliar, a fim de manter o nível de cobertura adequado para que o produto tenha o efeito biológico desejado (ANTUNIASSI e BAILO, 2008).

Tabela 1. Densidade teórica de gotas na pulverização de 1 litro por hectare (MATTHEWS, 2000).

Diâmetro da gota ( $\mu\text{m}$ )	Número de gotas $\text{cm}^{-2}$
50	153
100	19
200	2.4
400	0.298

### 2.3 Perdas por deriva

Os maiores problemas com deriva são comumente relacionados pelos agricultores com o herbicida 2,4-D. Entretanto, segundo Kissmann (2011) o potencial de deriva produzida em caldas contendo este produto é comparável com a maioria dos agrotóxicos existentes. Ainda o autor completa que a grande polêmica que é gerada em torno do 2,4-D relacionado à deriva é pelo fato do produto produzir sintomas bastante típicos em doses mínimas, criando a falsa impressão que a deriva com este produto é maior. O autor descreve que estes problemas geram vários casos judiciais, no entanto, no Brasil não há uma legislação sobre danos a terceiros causado por produtos fitossanitários, desta forma, as decisões judiciais acontecem de forma aleatória.

A temperatura e umidade relativa do ar têm influência direta nas perdas por evaporação, de modo que quanto menor o tamanho de gotas menor a faixa de temperatura e umidade relativa do ar ideal (Tabela 2). Este fato, na maior parte dos casos, não é acatado pelos agricultores, que não respeitam as limitações particulares de cada tamanho de gota. Para a aplicação em culturas com grande massa foliar é indicada a utilização de gotas finas. Gotas com diâmetros entre 50 a 100  $\mu\text{m}$  são carregadas facilmente com o vento, sendo este fato favorável para que a gota possa penetrar no dossel da cultura e atingir as folhas do baixeiro (MATTHEWS, 2000), entretanto, gotas com tamanhos menores apresentam maiores riscos de deriva o que resulta em maior contaminação ambiental (HANKS, 1995). Lefebvre (1989) alerta que gotas com tamanho menor que 100  $\mu\text{m}$  têm maior sensibilidade a deriva por carregamento e gotas muito grandes, com diâmetro acima de 800  $\mu\text{m}$ , têm maior facilidade de haver perdas por escorrimento após atingir o alvo.

Tabela 2. Limites de temperatura e umidade relativa do ar para diferentes tamanhos de gotas (ANTUNIASSI, 2009)

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 e 70%	abaixo de 60%

A velocidade do vento no momento da aplicação também tem relação direta com as perdas de produto por deriva. Costa et al. (2007) em estudo, constataram o aumento na deriva com o aumento da velocidade do vento, além disso, foi observado uma diminuição na porcentagem de deriva com diminuição da pressão de trabalho. Ainda, neste trabalho, o manejo de pontas de pulverização demonstrou-se como a forma mais eficiente para diminuição das perdas por deriva que o manejo da pressão de trabalho.

A escolha do padrão de gotas que será utilizado em cada aplicação, além dos fatores já citados, depende também da forma de ação do produto que será aplicado. Durigan e Correia (2008) citam que em herbicidas aplicados em pós-emergência o efeito fitotóxico pode acontecer de duas maneiras diferentes. Há herbicidas em que seu efeito ocorre nas primeiras camadas de células que é absorvido, como exemplo o paraquat (contato) ou então ter o efeito em “sítios” distantes do local em que o produto teve contato. Neste caso o herbicida é absorvido pelas folhas e translocado (sistêmico) através da seiva até a região onde atuará. Portanto, para aplicação de produtos pós-emergentes que exijam contato, é importante a utilização de técnicas que aumentem a cobertura do alvo, como a utilização de gotas finas. Mas se o produto apresenta ação sistêmica na planta, e não necessita de altos níveis de cobertura, como exemplo os herbicidas 2,4-D e Glyphosate, é recomendável a utilização de gotas maiores com o intuito de diminuir problemas com derivas. Estes produtos têm efeito fitotóxico satisfatório, mesmo com níveis de cobertura mais baixos.

Eliminar completamente o risco de deriva em pulverizações seria muito difícil. Entretanto, o risco de deriva pode ser significativamente reduzido caso sejam alterados ou eliminados os fatores responsáveis por intensificá-la. O espectro de gotas pulverizado é o principal fator que afeta o potencial de risco de deriva (OZKAN et al., 1993).

## 2.4 Pontas de pulverização

Em pulverização agrícola a formação de gotas pode ser feita utilizando atomizadores rotativos, mas a forma mais utilizada, principalmente em pulverização com equipamentos terrestres, são as pontas de pulverização hidráulicas. Segundo Ramos et. al. (2004) a ponta de pulverização faz parte do bico que é composto por suas estruturas de fixação na barra, corpo, filtro, anel de vedação, ponta e capa, de maneira que a ponta é o componente responsável pela formação das gotas.

A ponta de pulverização é um dos componentes mais importantes de um pulverizador, pois além de determinar o padrão de gotas é também responsável por determinar o volume e a uniformidade de distribuição do líquido pulverizado (BAUER e RAETANO, 2004).

Para a formação de gotas através de pontas de pulverização, segundo Matthews (2000), o líquido sob pressão deve passar pelo orifício das pontas de modo que haja uma velocidade suficiente para que estes se desintegram e forme gotas que podem ser de vários tamanhos.

As gotas produzidas não apresentam um tamanho único, mais sim um espectro de gotas. Deste modo, mesmo em qualquer modelo de ponta, há uma porcentagem do volume que é pulverizado através de gotas finas. Para analisar o espectro de gotas pulverizado são utilizados alguns parâmetros em conjunto, que são diâmetro mediano volumétrico (DMV) e a amplitude relativa. O DMV é o diâmetro da gota que divide o volume das gotas pulverizadas em duas partes, de forma que a soma dos volumes das gotas de diâmetro menor seja igual à soma do volume das gotas de diâmetro maior (ANTUNIASSI e BAIO, 2008). A amplitude relativa determina a homogeneidade do espectro de gotas. Quanto maior o valor da amplitude relativa menor é a homogeneidade do espectro de gotas pulverizado (CUNHA et al., 2004).

Segundo Antuniassi e Baio (2008) outro parâmetro para classificação do espectro de gotas é o diâmetro mediano numérico (DMN), caracterizado pelo diâmetro que separa o número de gotas pulverizado em duas partes iguais, em que 50% do espectro pulverizado são as gotas menores e 50% são as gotas maiores. Ainda, analisada a relação entre o DMV/DMN é possível ter um parâmetro sobre a homogeneidade do espectro de gotas.



Quanto mais próximo de 1 mais homogêneo é o espectro. Isto porque o DMV é influenciado por gotas maiores (maior volume) e o DMN é influenciado por gotas menores (maior número).

Também é importante medir as porcentagens de gotas com diâmetros menores que 100, 150 e 200  $\mu\text{m}$  produzido pela ponta. Por serem estes tamanhos de gotas mais suscetíveis a deriva, é uma forma de estimar o potencial de deriva do espectro de gotas produzido (CUNHA et al, 2004).

## **2.5 Pontas com indução de ar**

O uso de pontas de indução de ar é um método comumente empregado como estratégia para redução de deriva na aplicação de defensivos agrícolas (BUTLER ELLIS et al., 2002). Costa et al. (2007), em estudo que avaliou a deriva em várias pontas sob diferentes condições ambientais e pressão de trabalho, demonstraram que um dos resultados mais baixos de deriva foi obtido com a utilização de ponta com indução de ar. Combella et al. (1996) também avaliando potencial de deriva, em túnel de vento, observaram os valores mais baixos para pontas com indução de ar, com uma diminuição de até 262% em relação a ponta sem indução de ar.

Balan et al. (2008) realizaram estudo que avaliou o depósito de calda com diferentes pontas de pulverização sob diferentes condições climáticas. Os resultados obtidos demonstraram que, mesmo sob variação das condições climáticas, não houve diferença nos depósitos quando se trabalhou com pontas com inclusão de ar.

O mecanismo existente nas pontas com indução de ar segue o princípio de funcionamento de um tubo de Venturi (BUTLER ELLIS et al., 2002). Em um tubo de Venturi o ar é incorporado ao líquido através de um déficit de pressão com a atmosfera que ocorre no orifício de entrada de ar (Figura 1). Para que isso aconteça é necessária uma quantidade mínima de pressão diferencial ( $\Delta P$ ) existentes entre o lado de entrada e saída do tubo de Venturi. Desta forma, o tubo de Venturi, em seu formato, tem uma contração ao longo da tubulação formando um gargalo. O gargalo faz aumentar a velocidade do fluxo que resulta em uma pressão diferencial negativa. Através desta queda de pressão o ar é succionado por meio do orifício de entrada de ar que, dinamicamente, é incorporado ao fluxo na forma de

bolhas de ar (BAYLAR et al., 2005). O funcionamento de um tubo de Venturi pode ser entendido utilizando a equação de Bernoulli:

$$V1.A1=V2.A2$$

Onde:

V1 = Velocidade inicial

A1 = Diâmetro inicial

V2 = Velocidade final

A2 = Diâmetro final

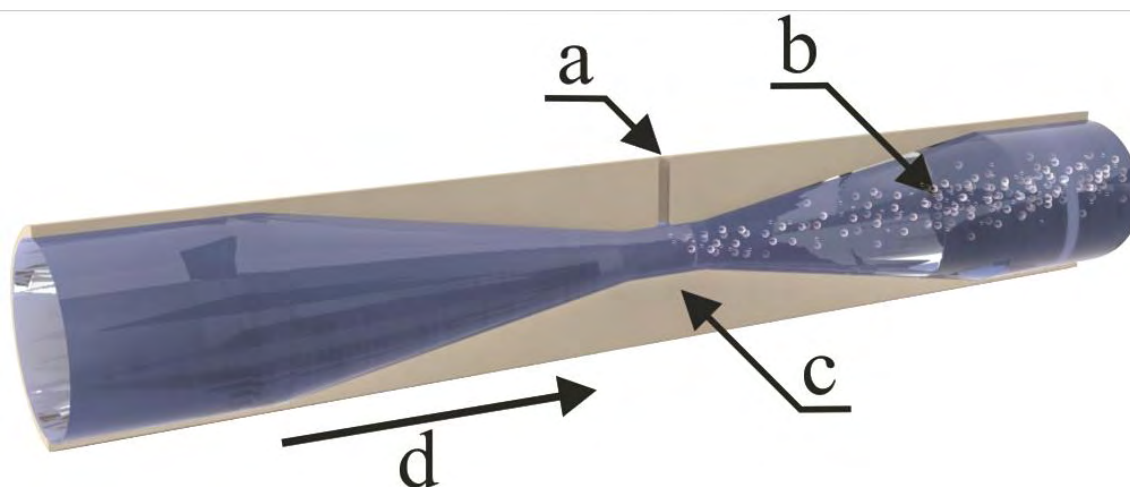


Figura 1. Esquema de um tubo de Venturi. a) Orifício de entrada de ar, b) bolhas de ar incorporada no fluxo, c) gargalo, d) sentido do fluxo (adaptado de Baylar et al., 2005).

As pontas com indução de ar são bastante semelhantes a um tubo de Venturi (Figura 2), em que, o líquido passa pelo orifício de entrada na ponta de pulverização que aumenta sua velocidade, gerando uma pressão negativa dentro da ponta que, por sua vez, succiona o ar atmosférico através dos orifícios de entrada de ar. O fluxo de líquido e ar se misturam dentro da câmara de mistura que, ao passar sob alta pressão pela ponteira e entrar em contato com a atmosfera forma gotas com bolhas de ar em seu interior (FAGGION, 2002)

Segundo Butler Ellis et al, (2002) a quantidade de ar que é aspirada pelo sistema Venturi é afetada principalmente pelo gargalo do tubo e pelo orifício de saída, quanto maior ambos, maior a entrada de ar. Ainda, o fluxo de entrada de ar influencia a

quantidade de ar que é incluído na gota, mas o tamanho de gota é afetado muito pouco pela quantidade de ar. Segundo os mesmos autores o que determina de maneira efetiva o tamanho de gota é o orifício de saída da mistura. Devido ao mecanismo presente neste tipo de ponta o perfil de gotas formadas são grossas ou muito grossas, ou seja, com o DMV maior que  $450 \mu\text{m}$  (FAGGION e ANTUNIASSI, 2004). Segundo Matthews (2008) além de contribuir para o aumento do tamanho de gota este tipo de ponta diminui a porcentagem do volume que é pulverizado por meio de gotas com diâmetro menor que  $100 \mu\text{m}$ .

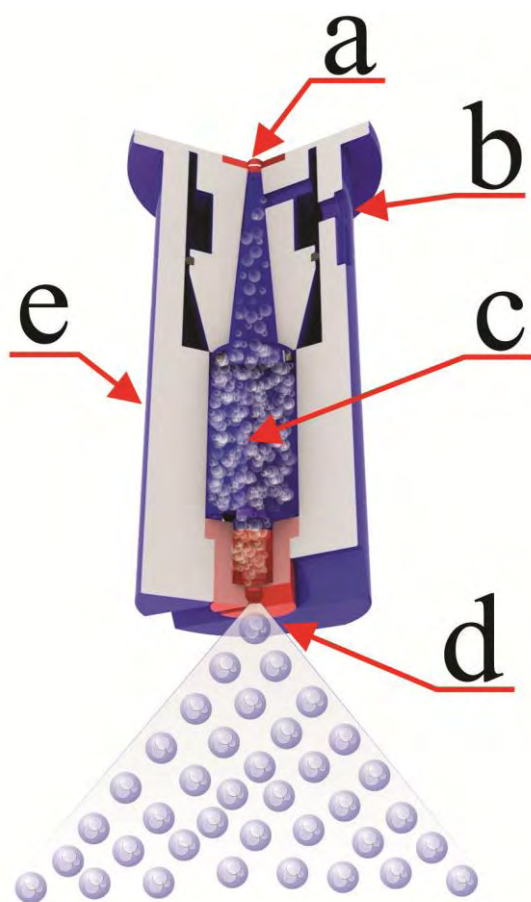


Figura 2. Constituição geral de uma ponta de pulverização de indução de ar. a) orifício de entrada de líquido, b) orifício de entrada de ar, c) câmara de mistura, d) ponteira com orifício de saída da mistura, e) corpo.

Em uma ponta com sistema de indução de ar há uma queda bastante grande de pressão, entre o fluxo na barra de pulverização e o fluxo no interior da ponta. Este fato deve-se a restrição do fluxo na entrada câmara de mistura e o efeito do Venturi. Nestas

pontas é necessário que o orifício de saída de líquido que forma a pulverização seja grande o suficiente, para permitir o fluxo sem que haja restrição para a formação do campo de Venturi. Caso o orifício não seja grande o suficiente para a passagem de fluxo, pode ocorrer saída de líquido pelos orifícios de entrada de ar (GULER et al., 2007).

Comparando diferentes modelos de pontas de pulverização, Jones et al. (2002) tiveram os maiores resultados de DMV para a ponta com inclusão de ar, com valores mais altos na pressão de 50 psi, estando acima de 550  $\mu\text{m}$  para água pulverizada e acima de 400 $\mu\text{m}$  para calda com o herbicida Glifosato (Roundup Ultra). Além disso, a ponta com inclusão de ar teve os menores valores de porcentagem de gotas menores que 105  $\mu\text{m}$ .

Guler et al. (2007) estudaram as características entre pontas de inclusão de ar e jato plano padrão que interferem no potencial de deriva. Neste estudo foi comparada uma ponta com sistema de indução de ar modelo AI (Spray Systems), a uma ponta jato plano convencional modelo XR (Spray Systems), da qual foram levantados dados em relação ao tamanho do orifício de saída de líquido, agrupando as pontas para o estudo de acordo com o tamanho do orifício, e não conforme a vazão nominal. Foi adotado este critério com o intuito de comparar pontas com características dimensionais semelhantes, afim de estabelecer uma comparação mais justa. A pressão para cada ponta foi ajustada para que a vazão fosse igual em cada grupo de tamanhos de orifício. Também dentre os tratamento foi utilizada uma ponta com indução de ar, em que seus orifícios de entrada de ar foram vedados, para verificar a influência do sistema Venturi no espectro de gotas.

Ainda no mesmo estudo foi constatado que, se comparadas pontas jato plano com e sem indução de ar, de mesma vazão nominal, o orifício de saída de líquido da ponta com indução de ar chegou a ser 2,7 vezes maior que a ponta sem indução. Também foi verificado que não houve diferenças significativas para o espectro de gotas, a cobertura e o potencial de deriva entre pontas com e sem indução de ar de características dimensionais semelhantes, operando em pressões em que as vazões fossem iguais. No mesmo estudo, comparado pontas de indução de ar, com o orifício de entrada de ar aberto e fechado, não foi observadas diferenças no tamanho de gotas produzido. Os autores concluíram que a característica de produzir gotas grandes de pontas com indução de ar está relacionada às características dimensionais e não a indução de ar.

Faggion (2002) propôs uma metodologia para o estudo da quantidade de ar que é incluído em pulverização, para a classificação de pontas com indução de ar. Nesta metodologia a pulverização é capturada em uma proveta por meio de um funil feito de material flexível. Através da densidade da pulverização capturada é calculada a porcentagem volumétrica de ar incluído na pulverização. A metodologia descrita por Faggion (2002) demonstrou-se bastante eficiente para estimar o volume de ar que é aspergido por pontas com indução de ar. Em seu trabalho foi possível observar as diferenças de ar incluso na pulverização por diferentes modelos de pontas. Para a validação da metodologia os diferentes modelos de pontas, foram submetidos a diferentes vazões e pressões. Dentre os resultados obtidos foi observado que o comportamento da quantidade de ar que é incluído na pulverização é variável de acordo com o modelo de ponta, para as diferentes pressões e vazões, não havendo um padrão definido. Alguns modelos de pontas diminuíram a quantidade de ar de acordo com a vazão e outras tiveram comportamento aleatório. Algumas pontas tiveram a porcentagem de ar capturado aumentando com a elevação da pressão, outras não apresentaram diferenças significativas com a variação da pressão.

Para que as pontas com indução de ar trabalhem de maneira eficiente, devem-se evitar pressões muito baixas. Para Faggion e Antuniassi (2004) esse tipo de ponta exige pressões mais elevadas para que ocorra a inclusão de ar nas gotas, em que, a ponta tem um melhor desempenho em pressões acima de 300 kPa.

As bolhas de ar no interior da gota interferem no transporte e padrão de deposição das gotas. Quando se trabalha com esta classe de pontas, a presença de bolhas de ar ajuda na diminuição da perda das gotas quando impactam com uma superfície (MATTHEWS, 2000), ou seja, as bolhas de ar amortecem o impacto com a superfície evitando o efeito de “rebote”.

Nas pulverizações a maior parte do produto aplicado fica retida nos terços superior e médio da planta, isto devido ao efeito guarda chuva feito pelas folhas superiores e medias sobre as folhas inferiores (CUNHA et al., 2010). Foi constatado depósito de até 10 vezes mais de produto nas folhas superiores da planta em relação às folhas inferiores (ANTUNIASSI et al., 2004). Porém, este problema é agravado quando utilizado gotas grossas. Segundo Antuniassi e Baio (2008) quando se quer maior cobertura e penetração das gotas no dossel de plantas, deve se utilizar gotas finas. Portanto, devido às pontas de indução de ar

apresentar um espectro de gotas de grossa a muito grossa, recomenda-se utilizar esse tipo de ponta para aplicação de produtos sistêmicos. Neste tipo de situação não há a necessidade de cobertura e nem penetração na massa vegetal, o produto apresenta mobilidade na planta. Um bom exemplo são os herbicidas sistêmicos 2,4-D e Glyphosate.

## **2.6 Adjuvantes**

Há uma confusão conceitual em relação aos termos adjuvante e aditivo, até mesmo por parte de pesquisadores da área. Esta confusão em parte foi gerada por mudanças na legislação a respeito destes termos que inverteu o sentido dos mesmos. Segundo a legislação brasileira atual, no Artigo 1º do Decreto n 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, entende-se por adjuvante “produto utilizado em mistura com produtos formulados para melhorar a sua aplicação” e aditivo como “substância ou produto adicionado a agrotóxicos, componentes e afins, para melhorar sua ação, função, durabilidade, estabilidade e detecção ou para facilitar o processo de produção”. Portanto, segundo a legislação, de maneira resumida, adjuvantes são produtos que são adicionados a calda de pulverização e aditivos são compostos já presentes na formulação dos agrotóxicos.

De uma maneira mais aprofundada Kissmann (1998) define adjuvante como qualquer substância ou composto sem propriedades fitossanitárias, com exceção da água, que é adicionado à calda para facilitar a aplicação, aumentar a eficiência ou diminuir riscos. Os adjuvantes podem desempenhar diversas funções na aplicação de defensivos, que podem ser: quelatizantes e acidificantes, redutores de PH, surfactantes, ativadores nitrogenados, espalhantes adesivos, antiespumantes, rebaixadores de fitotoxidade, antievaporantes, espessantes, filtros solares, e também adjuvantes mais complexos que possuem múltiplas funções.

Adjuvantes podem ser classificados de acordo com sua função ou composição química. Entretanto, as duas classificações são limitadas, muitos produtos têm múltiplas funções ou então a composição química é complexa e não divulgada integralmente por parte dos fabricantes. Também a falta de padrões para a terminologia abre espaço para

uma variedade de termos utilizado pelos fabricantes, que gera confusões por parte dos usuários e especialistas (GREEN, 2000).

Antuniassi e Baio (2008) e Durigan e Correia (2008) alertam para os problemas relacionados ao uso indevido de adjuvantes pelo desconhecimento de sua ação, que pode até prejudicar a ação do produto principal ou então não causar mudanças significativas, que tornaria o adjuvante desnecessário. Ainda exemplifica que o processo de formação de gota pelas pontas pode ser alterado de acordo com a característica física da calda, da qual gera mudanças de acordo com o adjuvante utilizado.

Green (2000) lista os principais processos em que os adjuvantes agrícolas interferem: mistura de tanque (compatibilidade, solubilidade, estabilidade, proteção e espuma), no processo de aplicação (deriva e evaporação), na retenção (rebote e adesão), deposição do produto no alvo (molhamento, espalhamento, forma física e solubilização), e translocação na planta.

Para realizar as especificações de uma determinada ponta de pulverização, nos testes, geralmente é utilizado somente água, entretanto, alguns produtos adicionados a calda podem alterar o tamanho de gotas, assim como a vazão (KISSMANN, 1998) isto destaca a importância de se conhecer o efeito de adjuvantes em fatores como tamanho de gotas.

A adição de alguns adjuvantes quando se trabalha com pontas com indução de ar contribui para uma melhor estabilidade das gotas geradas, o que mantém a estrutura das gotas com ar em seu interior por um período maior (FAGGION, 2002).

## **2.7 Características físicas da calda que influenciam o processo de formação de gotas**

As principais características da calda, que influencia no tamanho de gotas estão relacionadas às características físicas, da calda como viscosidade e tensão superficial. Quanto maior os valores de viscosidade e tensão superficial, maior a força necessária para a pulverização. Deste modo, quanto maiores estes valores maior será o espectro de gotas produzido (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Estudos demonstram que alguns adjuvantes têm a capacidade de modificar a viscosidade das caldas. Cunha e Alves (2009) tiveram resultados de aumento

significativo na viscosidade da calda contendo o adjuvante fosfatidilcolina e ácido propiônico. Chechetto et al. (2010) obtiveram resultados de aumento na viscosidade testando diferentes óleos adjuvantes de uso agrícola, com destaque para o óleo mineral (Nimbus) na dose 1%.

A tensão superficial das caldas é influenciada por adjuvantes da classe dos surfactantes. Os surfactantes são produtos que atuam na superfície alvo, sobre as películas de tensão superficial ou interfacial, para facilitar ou intensificar a penetração do soluto que, juntamente com o surfactante, entra em contato com o alvo. Ainda, este tipo de produto pode ser classificado de acordo com suas propriedades em espalhante, umectante, dispersante ou supressor e emulsificante ou estabilizador de emulsão. Outra classificação para os surfactantes é de acordo com sua ionização em água, sendo iônicos, anfóteros e não iônicos. No entanto os anfóteros são pouco utilizados na agricultura (DURIGAN e CORREIA, 2008.). Ainda, os autores subdividem os surfactantes iônicos em aniônicos e catiônicos. Os aniônicos recebem esse nome por liberarem íons carregados positivamente, sendo negativamente reativos. Os catiônicos são o oposto, liberam íons carregados negativamente, sendo positivamente reativos. Adjuvantes aniônicos não devem ser utilizados com herbicidas catiônicos por haver o risco de um anular o efeito do outro.

Mendonça et al. (2007), avaliando a tensão superficial estática em diferentes óleos minerais e vegetais, obteve resultados na diminuição da tensão superficial na maioria dos óleos testados, com destaque para os óleos minerais Assist, Dytrol, Iharol e Mineral Oil; e para os óleos vegetais Agrex' oil, Natur'l óleo Veget Oil e Crop Oil com valores de tensão superficial abaixo de  $30 \text{ nm m}^{-1}$ . Porém, alguns óleos mesmo em concentrações mais altas não promoveram diminuições significativas na tensão superficial, segundo os autores isto demonstra que a tensão superficial não é determinada pela origem do óleo (vegetal ou mineral), mas pela qualidade e quantidade do emulsificante adicionado a sua formulação.

Montório (2001), também avaliando tensão superficial para diferentes adjuvantes constatou que as caldas contendo adjuvantes organossiliconados (Break Thru e Silwet L-77) foram os que tiveram os menores valores de tensão superficial, abaixo de  $20 \text{ nm m}^{-1}$ . Ainda, estes produtos apresentaram os maiores coeficientes de eficácia. O coeficiente de eficácia demonstra a eficiência de um produto ter sua ação de acordo com a concentração. Iost (2008) obteve resultados semelhantes, em que os menores valores foram obtidos em soluções



com os adjuvantes organosiliconados Silwet L-77 e Supersil. Além disso, os adjuvantes organosiliconados também promoveram as maiores diminuições dos ângulos de contato das gotas em diferentes superfícies.

Além dos adjuvantes, algumas formulações de produtos podem interferir significativamente na tensão superficial da calda. Este fato se deve a alguns herbicidas conterem certos aditivos que atuam como surfactantes. Maciel et al. (2010) obtiveram resultados na diminuição da tensão superficial em diferentes herbicidas. Em seu trabalho uma das avaliações foi a tensão superficial dos herbicidas a base de Glifosato Polaris (1500 ml pc ha<sup>-1</sup>) e Roundup Ready (1125 ml pc ha<sup>-1</sup>), que foram testados isolados e em mistura com o herbicida clorimuron (Classic 30 g pc ha<sup>-1</sup>), que também foi testado isolado. Dentre os resultados, os herbicidas Polaris e Roundup Ready (ambos a base de glyphosate) promoveram a diminuição da tensão superficial tanto sozinhos quanto em mistura com o Classic, em comparação com a água e o Classic sozinho. Além disso, houveram diferenças entre os herbicidas a base de Glyphosate em que o Roundup Ready tanto sozinho quanto em mistura com o Classic, promoveu maior diminuição da tensão superficial em comparação com o Polaris e os demais tratamentos.

Gent et al. (2003) avaliando o efeito de adjuvantes na cobertura, absorção e eficiência de fungicida, constataram que para adjuvantes organosiliconados, houve uma melhora de 26 a 38% na cobertura do alvo em comparação com adjuvante espalhante adesivo a base de látex e água. Os melhores resultados de absorção foram obtidos com o uso dos adjuvantes organosilicone e óleo vegetal metilado com implemento de 30 e 21% nas culturas de cebola e batata respectivamente, em comparação com a água.

## **2.8 Interferência de adjuvantes no tamanho de gotas e risco de deriva**

Ozkan et al. (1993) em estudo testando o efeito de adjuvantes do tamanho de gotas, no padrão de pulverização e na redução de deriva, tiveram como resultado o aumento no DMV das caldas contendo adjuvantes, em relação à água, com o maior resultado para o adjuvante a base de polímero de acrilamida. Também foi observada uma melhora no perfil de pulverização para todos os adjuvantes em relação à água. Todos os adjuvantes

testados contribuíram para a redução da porcentagem de deriva, entretanto, os menores resultados foram para o adjuvante a base de polímero de acrilamida.

Mota et al. (2010) também testando o efeito do adjuvante lauril éter sulfato sódico em mistura com o herbicida paraquat, observaram diferenças significativas entre as caldas contendo adjuvantes (isolados ou em mistura com o herbicida) e a calda contendo apenas o herbicida isolado. Nas caldas contendo adjuvante houve incremento no DMV e diminuição da porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$ .

Deve-se ressaltar que nem todo adjuvante tem efeito no aumento de tamanho de gotas e diminuição da deriva. Em estudo avaliando potencial de deriva em túnel de vento e tamanho de gotas, Western et al. (1999) encontraram diferenças no comportamento entre o adjuvante surfactante nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol e as emulsões testadas, em que, o surfactante aumentou a porcentagem e gotas susceptíveis a deriva e a porcentagem de deriva em túnel de vento comparado com água e as caldas contendo emulsão.

Sanderson et al. (1996) avaliando o efeito de adjuvantes em diferentes formulações do herbicida propanil observou que independente da formulação o comportamento dos adjuvantes foram iguais, em que o surfactante alquil aril éteres de polioxietileno, ácidos graxos livres e dimetilpolissiloxano diminuiu o tamanho de gotas e aumentou o risco de deriva quando comparado com a calda sem adjuvante e a calda com o adjuvante a base de óleo vegetal. Os autores também obtiveram diferenças entre as formulações em que os maiores resultados de deriva e os menores valores diâmetro de gotas foram para a formulação CE (concentrado emulsionável).

Silva et al. (2010) obteve resultados semelhantes, com diferenças significativas na diminuição do tamanho de gota e aumento do potencial de deriva, utilizando o surfactante nonil fenoxi poli (etilenoxi) etanol, em comparação com um adjuvante a base de óleo mineral e outro a base de polímero vegetal.

Segundo Hewitt (2007), a característica da calda muitas vezes é um dos fatores mais importantes na formação do espectro de gotas, contribuindo para efeitos bastante significativos, embora nem sempre seja considerado tal importância. Ainda Hewitt (2007) afirma que é preciso mais informações sobre as propriedades físicas da grande variedade das misturas de tanque e adjuvantes, e da influência desta no espectro de gotas, especialmente em outros sistemas de pulverização, como pontas hidráulicas de duplo fluído.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local**

Para a realização do presente trabalho as análises foram feitas em duas etapas, sendo uma a avaliação da quantidade de ar que é incluído na pulverização e outra a análise do espectro de gotas. A avaliação da quantidade de ar incluído na pulverização foi realizada 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). As análises do espectro de gotas foram realizadas no Laboratório de Análise do Tamanho de Partícula (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP.

#### **3.2 Tratamentos e análise estatística**

As pontas de pulverização e os adjuvantes utilizados estão descritos nas Tabelas 3 e 4. A descrição dos tratamentos delineados a partir destas pontas e adjuvantes está apresentada na Tabela 5. Para todos os tratamentos foram utilizadas pontas do tipo 110 03 na pressão de 400 kPa. O estudo foi realizado em laboratório com as condições climáticas monitoradas durante a execução de cada tratamento, respeitando os limites para condições

ideais de uma aplicação de defensivos, em que, as análises só foram realizadas em temperaturas abaixo de 30° C e a umidade relativa do ar acima de 50%.

Tabela 3. Descrição das pontas utilizadas e suas respectivas abreviaturas.

Tipo de ponta	Nome comercial	Fabrigante	Abreviatura
Jato plano com indução de ar	Guardian Air	Hypro	GA
Jato plano com indução de ar	Ultra Lo-Drift	Hypro	ULD
Jato plano com pré orifício	Drift Guard	Spraying Systems	DG

Tabela 4. Descrição dos adjuvantes utilizados e suas respectivas abreviaturas.

Nome comercial	Componente(s) principal(is)*	Fabricante	Indicação de uso*	Abreviatura
Nimbus	Óleo mineral	Syngenta	Espalhante e penetrante	NB
Óleo Vegetal Nortox	Óleo vegetal	Nortox	Inseticida e adjuvante***	NT
Li 700	Mistura de lecitina e ácido propiônico	De Sangosse Agroquímica	Espalhante e acidificante	LI
Agral	Nonil fenoxi poli etanol	Syngenta	Espalhante	AG
In-Tec	Nonil fenol etoxilado	Inquima	Espalhante adesivo	IT
Antideriva	**	Inquima	Espalhante, umectante, dispersante, antievaporante e antiespumante	AD
TA 35	Lauril éter sulfato de sódio	Inquima	Espalhante adesivo e antievaporante	TA
Siwet L-77 Ag	Copolímero de poliéster e silicone	Ge Osi Indústria de Silicones	Espalhante adesivo	SW

\* Segundo informações fornecidas pelos fabricantes.

\*\* composição não informada pelo fabricante. Segundo Iost (2008) o produto contém Nonil fenol etoxilado em sua formulação.

\*\*\* O fabricante não informa ações específicas do adjuvante.

Tabela 5. Descrição dos tratamentos utilizados para avaliação do espectro de gotas e estimativa de ar incluído na pulverização.

Tratamento	Ponta	Calda	Dose ( $v v^{-1}$ )*
T1	GA	NB (Nimbus)	0,625
T2	GA	NT (Óleo Vegetal Nortox)	1,25
T3	GA	LI (Li 700)	0,15
T4	GA	AG (Agral)	0,1
T5	GA	IT (In-Tec)	0,0625
T6	GA	AD (Antideriva)	0,0625
T7	GA	SW (Silwet L-77)	0,1
T8	GA	TA (TA 35)	0,0375
T9	GA	Água	
T10	ULD	NB (Nimbus)	0,625
T11	ULD	NT (Óleo Vegetal Nortox)	1,25
T12	ULD	LI (Li 700)	0,15
T13	ULD	AG (Agral)	0,1
T14	ULD	IT (In-Tec)	0,0625
T15	ULD	AD (Antideriva)	0,0625
T16	ULD	SW (Silwet L-77)	0,1
T17	ULD	TA (TA 35)	0,0375
T18	ULD	Água	
T19	DG	NB (Nimbus)	0,625
T20	DG	NT (Óleo Vegetal Nortox)	1,25
T21	DG	LI (Li 700)	0,15
T22	DG	AG (Agral)	0,1
T23	DG	IT (In-Tec)	0,0625
T24	DG	AD (Antideriva)	0,0625
T25	DG	SW (Silwet L-77)	0,1
T26	DG	TA (TA 35)	0,0375
T27	DG	Água	

\* Doses selecionadas segundo o posicionamento dos produtos pelas empresas, podendo diferir das recomendações contidas nas bulas.

Para cada análise foram realizadas quatro repetições, sendo os resultados das variáveis do espectro de gotas e do percentual de ar incluído para os diferentes adjuvantes e pontas comparados pelo Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias a 95 % de probabilidade (IC95%). Também foram feitas as correlações entre as diferentes variáveis através do coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade.

### 3.3 Material

#### 3.3.1 Captura das gotas pulverizadas para determinação do percentual de ar incluído

Para capturar as gotas pulverizadas visando determinar a porcentagem de ar incluído na pulverização foi construído um funil com as dimensões de 1,0 m de altura, 0,98 m de diâmetro na abertura superior e 0,02 m de diâmetro na abertura inferior (Figura 3), baseando-se em metodologia descrita por Faggion (2002). O funil foi confeccionado com uma lâmina de polivinilcarbonato com espessura de 0,1 mm. Foi escolhido este material por apresentar uma superfície flexível, a qual absorve parte do impacto produzido pelas gotas, evitando o rompimento das mesmas e a perda do ar incluído na mistura. O funil ficou suspenso, sustentado por uma estrutura metálica.

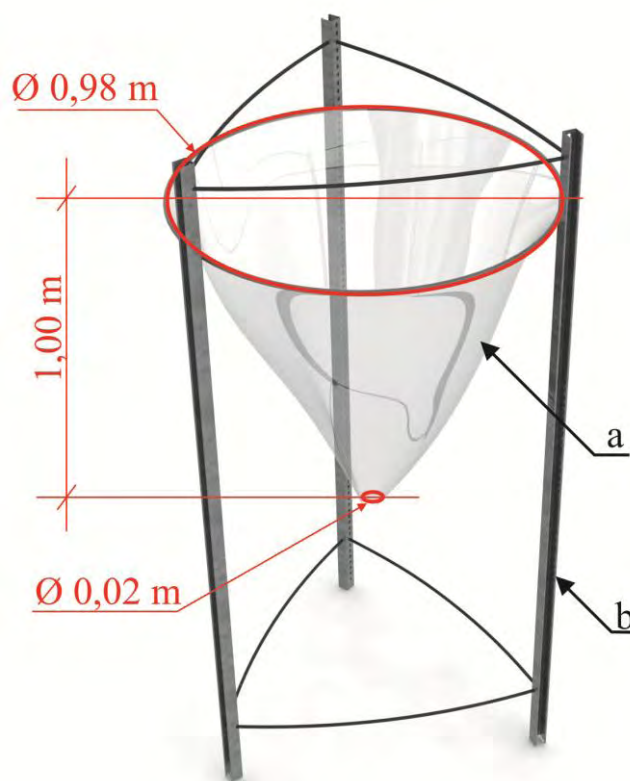


Figura 3. Dimensões da estrutura para captura da pulverização. a) funil de polivinilcarbonato para captura do spray, b) estrutura metálica para sustentação do funil.

O sistema de pulverização foi montado sobre a estrutura metálica do funil, os detalhes são ilustrados na Figura 4. O sistema de pulverização foi recalçado por uma bomba hidráulica elétrica de diafragma, com vazão de 7,6 litros por minuto, tendo capacidade para operar com pressão máxima de 1034,25 kPa. A pressão desejada foi ajustada através de uma válvula estranguladora que dava passagem ao fluxo a uma tubulação de retorno para o tanque. As pressões foram monitoradas por meio de dois manômetros com escala máxima de 689,5 kPa, em que, um manômetro ficou posicionado na saída do fluxo da bomba e outro na tubulação antes do bico pulverizador.

A pulverização capturada pelo funil foi coletada através de uma proveta graduada com capacidade de 250 mL, que, para cada coleta foi posicionada abaixo do orifício inferior do funil. O início e o encerramento da pulverização se dava pelo acionamento e desacionamento da bomba hidráulica.

Abaixo do funil foi montada outra estrutura metálica, com uma superfície plana para apoiar a proveta. Em cima desta superfície também foi posicionada uma lâmpada fluorescente de 8 watts de potência para facilitar o processo de leitura do volume da mistura coletada na proveta (Figura 4).



Figura 4. Esquema do sistema de pulverização montado sobre o funil coletor. a) reservatório de calda, b) bomba hidráulica, c) válvula estranguladora, d) manômetro, e) posicionamento da ponta, f) interruptor da bomba, g) proveta, h) luz fluorescente, i) estrutura de sustentação.



### 3.3.2 Análises do espectro de gotas

O espectro de gotas foi determinado utilizando-se um analisador de partículas em tempo real Mastersizer S (Malvern Instruments) (Figura 5), com base na técnica da difração de raio laser, do qual o equipamento faz a mensuração do tamanho das partículas através do desvio da trajetória que o laser sofre ao atingir as partículas. O desvio do laser é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (ETHERIDGE et al., 1999). O equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900  $\mu\text{m}$ .



Figura 5. Analisador de partículas Mastersizer S (Malvern Instruments)

## 3.4 Métodos

### 3.4.1 Método para a determinação da porcentagem de ar incluído na pulverização

A estimativa da porcentagem volumétrica de ar que é incluído na pulverização foi feito por meio da diferença entre volume da mistura (ar mais líquido pulverizado) e volume calculado sem a mistura (que é obtido da massa coletada em cada pulverização e calculado através da densidade conhecida de cada calda), segundo metodologia proposta por Faggion (2002).

Para a realização dos ensaios foram formulados 20 L de calda para cada adjuvante. Previamente as pulverizações e logo após o preparo da calda foi estimada a densidade ( $\rho$ ) das caldas por meio da determinação da massa de 2 litros da solução depositada em um balão volumétrico, em balança de precisão 0,01 gramas (Figura 6).



Figura 6. Determinação da massa de 2 L da calda a ser pulverizada

Em cada repetição foi feita a coleta da calda utilizando a proveta graduada de 250 mL. As coletas eram realizadas após o início da pulverização e estabilização da pressão e do fluxo de calda no funil. É importante esperar estabilizar o fluxo para que o ar induzido na pulverização seja carregado pelo fluxo e não se perca pelo impacto das gotas com bordas do funil.

O início da coleta dava-se pelo posicionamento da proveta abaixo do fluxo direcionado pelo funil. Após completar aproximadamente  $\frac{3}{4}$  do volume da proveta era encerrada a coleta com a retirada da proveta do fluxo. A pulverização só era cessada após a retirada da proveta do fluxo (Figura 7).

Imediatamente após a coleta, com a proveta estando na superfície plana montada abaixo do funil, era feita a leitura do volume em mililitros da mistura de calda e ar. A leitura foi feita tomando por base a linha que separava a mistura homogênea mais densa

de líquido e ar, da espuma menos densa que ficava acima desta mistura (Figura 8). É importante que seja feita a leitura do volume imediatamente após a retirada da proveta para que não haja perda de ar na mistura. Após a leitura do volume da mistura (ar e líquido) foi determinada a massa do líquido contido na proveta por meio de balança, com precisão de 0,01 gramas (Figura 9).

A leitura em mililitros, feita na proveta, correspondeu ao volume da mistura de líquido e ar. A pesagem de todas as caldas indicou densidade igual a 1,0 para todos os tratamentos, não havendo desta maneira a necessidade de se calcular o volume do líquido, sendo que a leitura feita na balança pode ser interpretada diretamente como o volume em mililitros.

Conhecendo-se o volume líquido coletado, e o volume da mistura com ar após a pulverização, os dados foram relacionados e calculados as porcentagens volumétricas de ar capturado com líquido em cada repetição, utilizando-se a seguinte equação:

$$Ar(\%) = \frac{Vm - Vl}{Vm} * 100$$

Onde:

$Ar(\%)$  = Porcentagem volumétrica de ar

$Vm$  = Volume da mistura, mL

$Vl$  = Volume do líquido, mL



Figura 7. Coleta da pulverização capturada pelo funil.

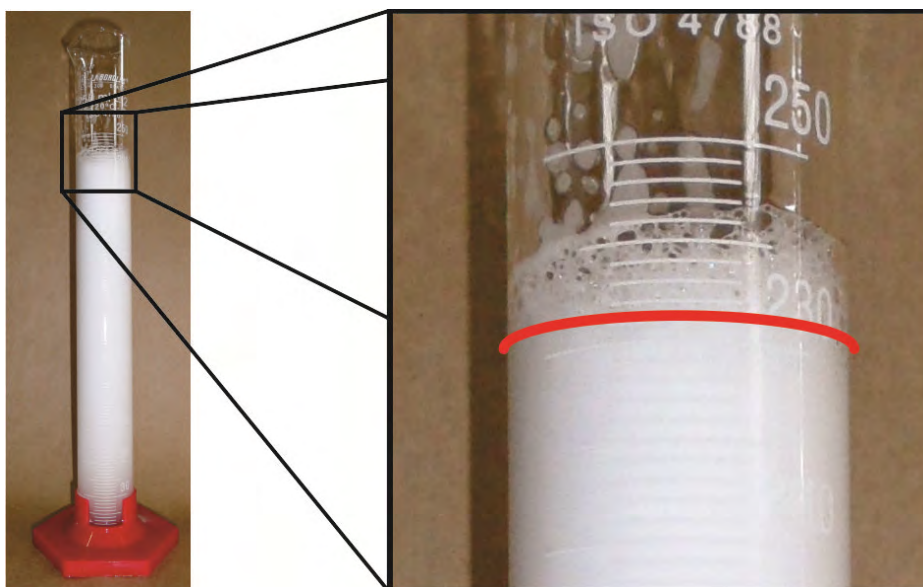


Figura 8. Detalhe do ponto em que foi feito a leitura da mistura de ar mais líquido capturada.



Figura 9. Determinação da massa da calda coletada.

### 3.4.2 Análises do espectro de gotas

Para realização das análises do espectro de gotas foram preparados cinco litros de calda para cada adjuvante. Antes de cada pulverização foi feita a agitação da calda para evitar uma eventual interferência de decantação ou floculação que pudesse acontecer nas caldas. A ponta de pulverização analisada foi instalada a 40 cm de altura da passagem do feixe de laser sendo as condições de aplicação iguais para todos os tratamentos.

Durante a pulverização a ponta foi movimentada na transversal, de modo que o laser atingisse perpendicularmente todo o leque pulverizado, possibilitando uma amostragem de todo o jato de pulverização produzido pela ponta (Figura 10)

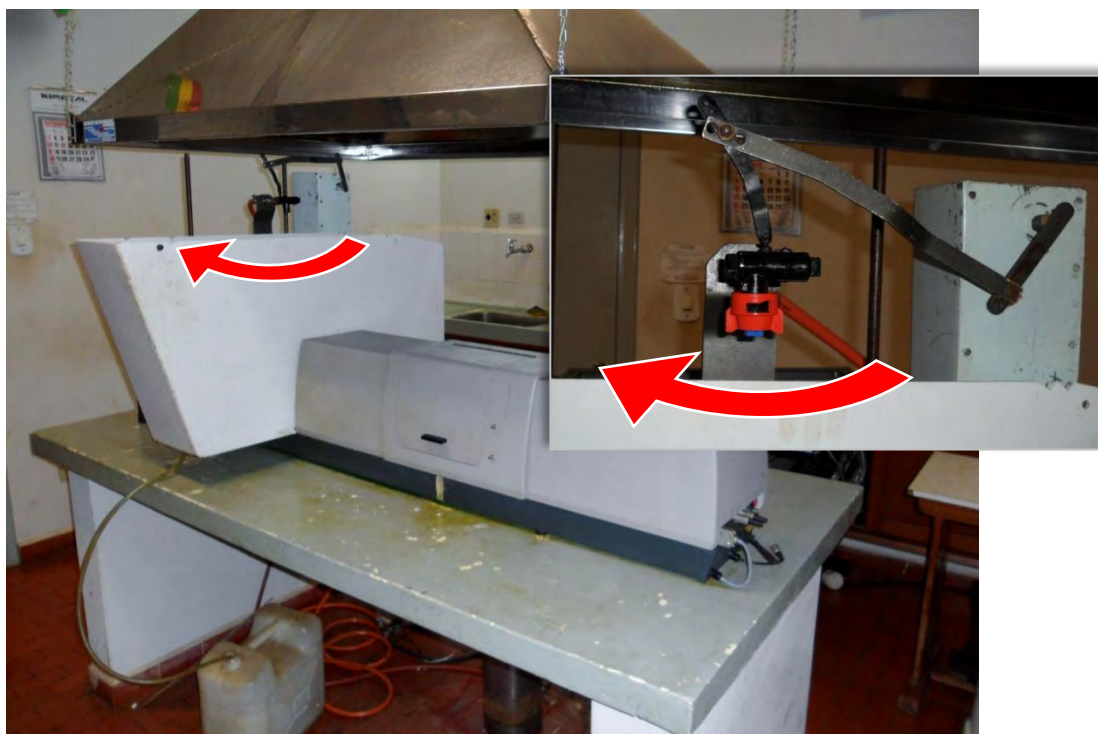


Figura 10. Detalhe da ponta de pulverização e sentido do movimento para interceptação do feixe de laser.

Segundo Camara et al. (2008), cada leitura do laser é realizada com intervalo de 2 milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo. As variáveis avaliadas foram o diâmetro mediano volumétrico (DMV), a porcentagem volumétrica de gotas com diâmetros menores que  $100\ \mu\text{m}$  (% volume  $<100\ \mu\text{m}$ ) a amplitude relativa (AR) calculado pela seguinte equação:

$$\text{Amplitude Relativa} = (DV_{0,9} - DV_{0,1})/DV_{0,5}$$

onde:

DV<sub>0,1</sub>= Diâmetro de 10% do volume acumulado

DV<sub>0,5</sub> = Diâmetro de 50% do volume acumulado

DV<sub>0,9</sub> = Diâmetro de 90% do volume acumulado.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para facilitar a visualização dos resultados a Tabela 6 apresenta um resumo das nomenclaturas e abreviações utilizadas para descrever os tratamentos.

Tabela 6. Descrição e abreviaturas dos tratamentos.

Descrição dos tratamentos	Abreviaturas
Óleo mineral (Nimbus)	NB
Óleo vegetal (Óleo Vegetal Nortox)	NT
Mistura de lecitina e ácido propiônico (Li-700)	LI
Nonil Fenoxi Poli Etanol (Agral)	AG
Nonil fenol etoxilado (In-Tec)	IT
Nonil fenol etoxilado* (Antideriva)	AD
Lauril éter sulfato de sódio (TA 35)	TA
Copolímero de poliéster e silicone (Silwet L-77)	SW
Ponta de jato plano com indução de ar (Guardian Air – Hypro)	GA
Ponta de jato plano com indução de ar (Ultra Lo-Drift – Hypro)	ULD
Ponta de jato plano com pré-orifício (Drift Guardian – Teejet)	DG

\* composição descrita por Iost (2008).

#### 4.1 Estimativa da porcentagem de ar incluído nas gotas pulverizadas

Os resultados de estimativa de ar incluído nas gotas pulverizadas estão representados na Figura 11. Em todas as pontas os adjuvantes elevaram a porcentagem de ar incluído em relação à água, com exceção do adjuvante TA (TA 35) para a ponta DG que apresentou valor mais baixo, diferindo-se estatisticamente dos demais.

Para a ponta GA, apesar de todos os adjuvantes terem apresentado valores médios mais altos que a água, somente o adjuvante TA (TA 35) não obteve diferenças significativas. As maiores porcentagens de ar incluído foram obtidas utilizando-se o adjuvante SW, com valor de 7,3% de ar incluído, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, seguido do adjuvante AG, que também diferiu das demais caldas.

Utilizando a ponta ULD houve grande variação nas porcentagens de ar incluído de acordo com as diferentes caldas, sendo que o maior valor encontrado foi aproximadamente cinco vezes maior que o menor percentual obtido. Os adjuvantes a base de nonilfenol (Agral, Antideriva e In-Tec) obtiveram as maiores porcentagens (valores acima de 10% de ar incluído), diferindo-se significativamente entre si e entre os demais tratamentos. O menor valor obtido foi utilizando água, com 2,5% de ar incluído.

Apesar da ponta DG não apresentar sistema de indução de ar, observou-se a inclusão de ar nas gotas geradas, com valores variando entre 0,5% a 3,4%. Os maiores valores obtidos para a ponta DG, em algumas combinações com adjuvantes, foram superiores aos menores valores obtidos para a ponta GA. Na ponta DG, assim como na ponta ULD, o adjuvante AG (Agral) foi responsável pela maior quantidade de ar incluído com diferenças significativas aos demais tratamentos.



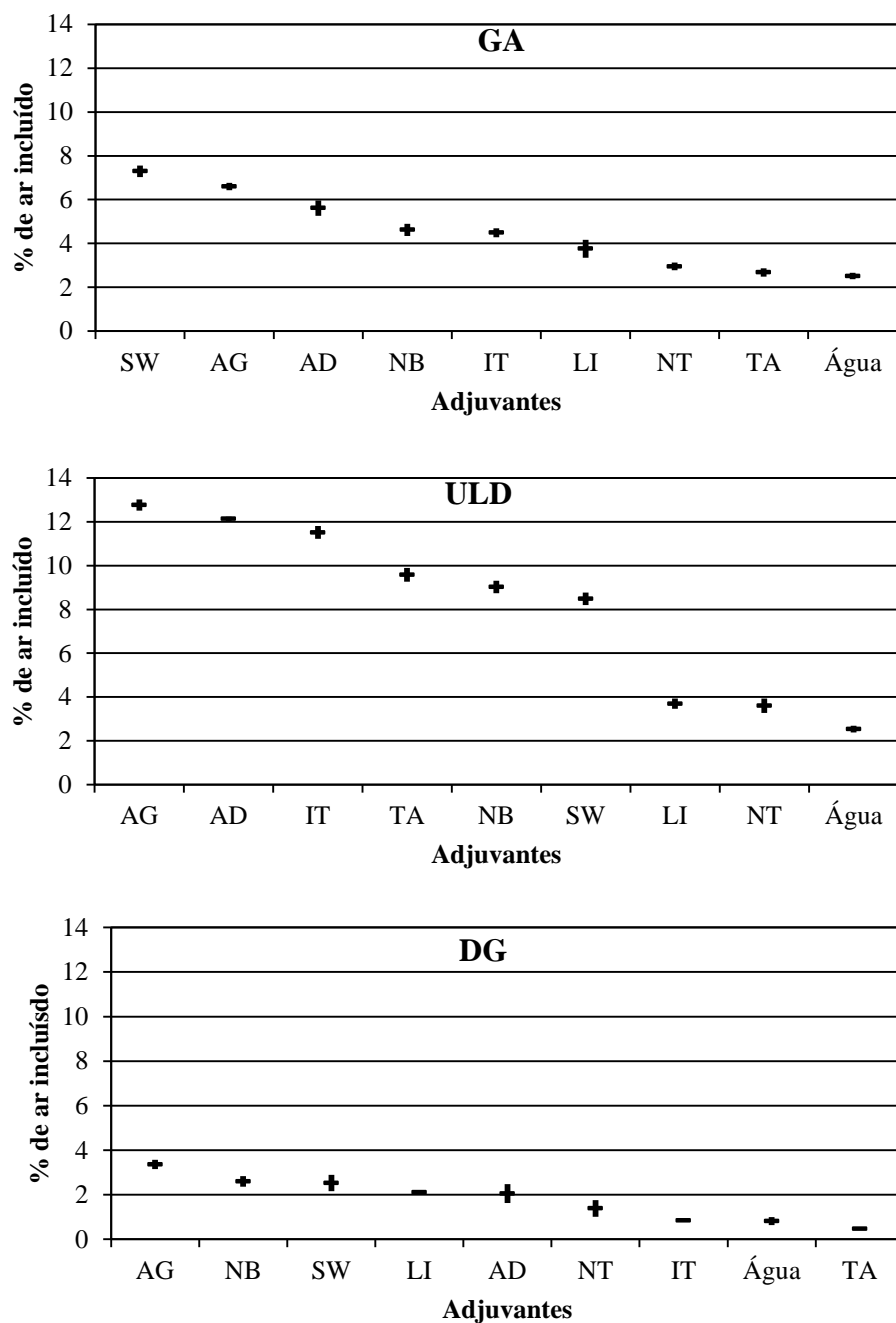


Figura 11. Porcentagem de ar incluído na pulverização por diferentes pontas e adjuvantes. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%. A lista de abreviaturas dos tratamentos está apresentada na Tabela 6.

Para a comparação entre as três pontas, procedeu-se a média das estimativas das porcentagens de ar incluídas pelas diferentes caldas (Figura 12). Observaram-se diferenças significativas entre as três pontas, onde a ponta ULD teve um maior potencial de inclusão de ar na pulverização em relação às demais, com valor médio de 8,1%. A ponta GA teve a segunda maior média, com valor de 4,5% de ar incluído, enquanto a ponta DG, por não apresentar sistema de indução de ar obteve a média mais baixa (1,8%). Os resultados estão de acordo com os encontrados por Faggion e Antuniassi (2010) em que a ponta com indução de ar teve porcentagens significativamente mais altas em relação à ponta sem indução. Entretanto, para estes autores os valores obtidos quanto ao percentual de ar incluído foram consideravelmente maiores para as pontas de indução de ar, ficando próximos ou acima de 20%.

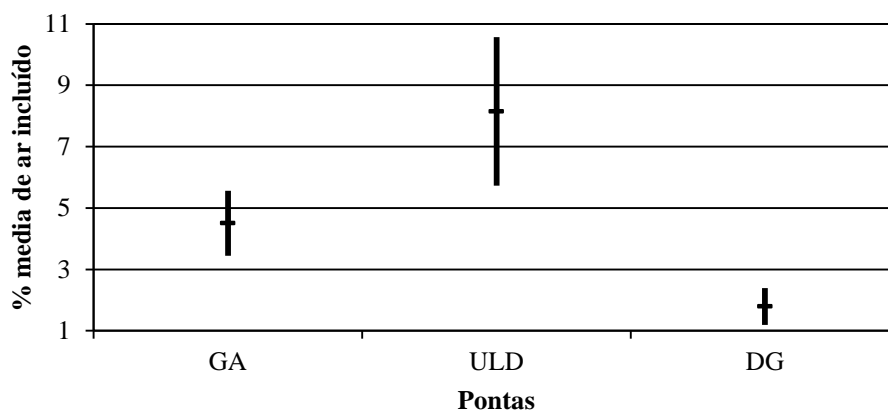


Figura 12. Médias da porcentagem de ar incluído na pulverização das diferentes caldas para as três pontas avaliadas. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

#### 4.2 Diâmetro mediano volumétrico

Os resultados de diâmetro mediano volumétrico do espectro de gotas produzido pelas diferentes caldas de acordo com as três pontas avaliadas estão expressos na Figura 13. Para todas as pontas estudadas, os maiores valores de DMV foram observados para as caldas contendo óleos. Somente na ponta DG o comportamento diferenciou-se para o NB

(Nimbus), em que seu valor ficou entre os maíos baixos, no entanto, com o NT (Óleo Vegetal Nortox) esta ponta teve o maior valor médio. Estes resultados estão de acordo com o estudo de Oliveira (2009), que avaliando DMV de diferentes caldas com diferentes formulações de fungicidas com ou sem a adição de óleo mineral, obteve os maiores valores de DMV para as caldas contendo óleos, apesar de não diferirem significativamente dos demais tratamentos. Ainda, Stainier et al (2006) descreveu resultados semelhantes testando diferentes adjuvantes de uso agrícola, obtendo maiores DMV com as caldas composta por água em mistura com óleo mineral.

Para as pontas GA e DG todos os adjuvantes tiveram o valor médio de DMV maior que o da água, entretanto, para a ponta GA os adjuvantes TA (TA 35), SW (Silwet L-77) e LI (Li-700) e na ponta DG o adjuvante NB (Nimbus) não diferiram estatisticamente da água, nestes casos não justificando seu uso para o aumento do DMV. Para a ponta ULD, os adjuvantes LI (Li-700) e IT (In-Tec) causaram redução do DMV em relação á água, tendo os menores diâmetros com diferenças significativas dos demais tratamentos. Neste sentido, Lemos et al. (2010) obtiveram resultados semelhantes para o adjuvante LI (Li-700) em aplicação com a ponta TTI 11003 (com indução de ar), obtendo-se menores valores de DMV para o LI (Li-700) dentre diversos tratamentos com adjuvantes. O DMV da água através da ponta ULD teve valor intermediário não diferenciando significativamente ao adjuvante TA (TA 35) e SW (Silwet L-77).

Estes resultados demonstram diferenças no comportamento de alguns adjuvantes em relação ao DMV para as diferentes pontas, em alguns casos causando redução dos diâmetros em relação a água. Butler Ellis e Tuck (1998) obtiveram resultados semelhantes para o adjuvante LI (Li-700) em relação ao comportamento distinto do adjuvante de acordo com as diferentes pontas de pulverização, em que para algumas pontas foi observada a redução do DMV em relação à água, para as outras ocorreu o aumento.

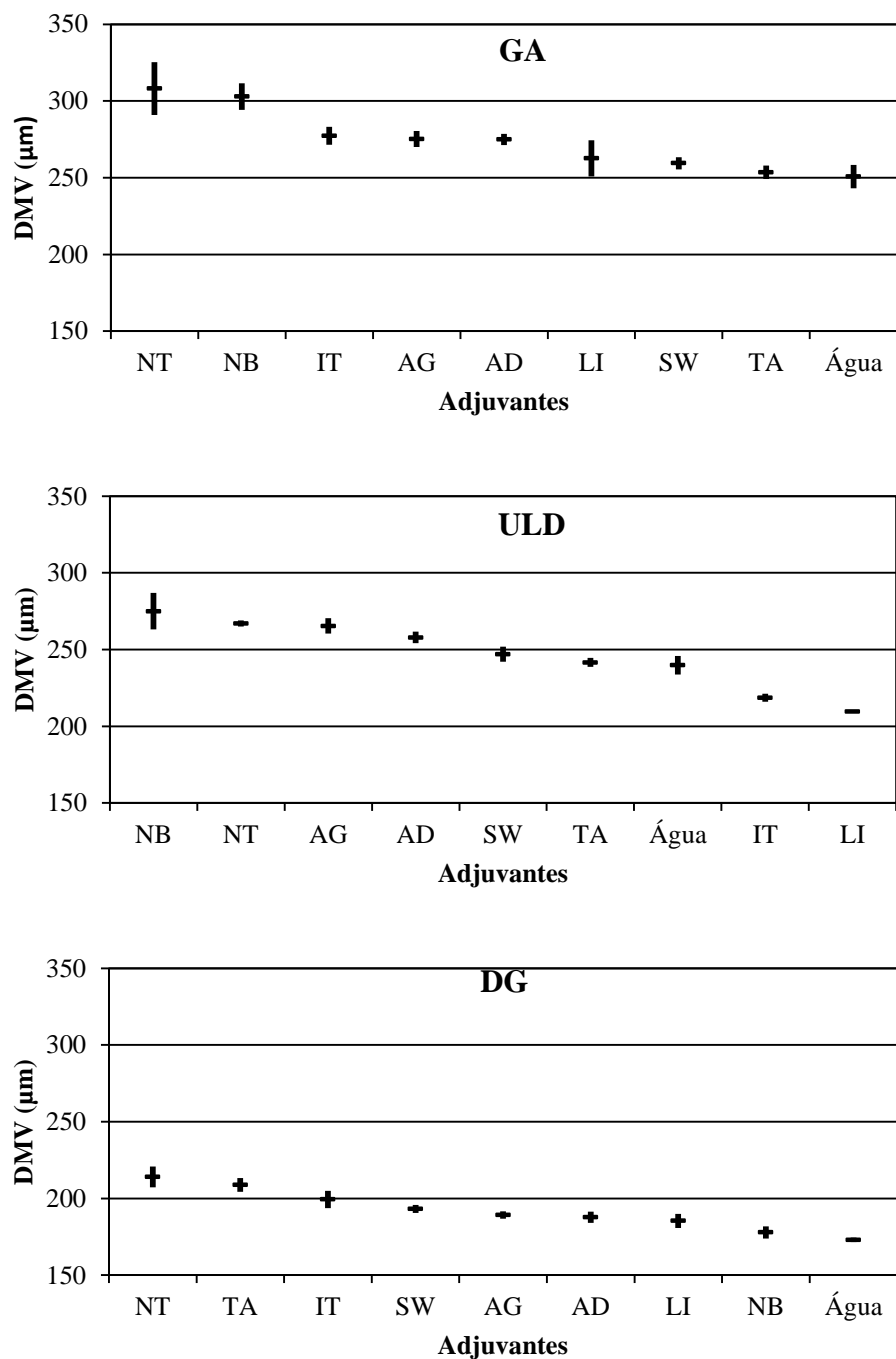


Figura 13. Diâmetro mediano volumétrico (DMV), para diferentes caldas, de acordo com as pontas de pulverização GA, ULD e DG. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

### 4.3 Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 $\mu\text{m}$

Na Figura 14 estão apresentados os resultados do percentual de volume de gotas com diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$  (%vol.<100  $\mu\text{m}$ ) para os diferentes adjuvantes de acordo com as pontas de pulverização avaliadas. Os adjuvantes AG (Agral), AD (Antideriva), IT (In-Tec) e TA (TA 35) na ponta GA promoveram redução no %vol.<100  $\mu\text{m}$ , com diferenças significativas com relação à água, enquanto na ULD isto ocorreu para os tratamentos AG (Agral), AD (Antideriva) e TA (TA 35). Os demais adjuvantes para as pontas com indução de ar tiveram resultados maiores ou então não apresentaram diferenças significativas em relação à água.

Na ponta sem indução de ar todos os tratamentos favoreceram a redução do %vol.<100  $\mu\text{m}$  em relação à água, tendo diferenças significativas com exceção do NB (Nimbus), que apesar de apresentar valor médio menor que o da água, os mesmos não diferiram entre si estatisticamente.

Os adjuvantes AG (Agral), AD (Antideriva) e IT (In-Tec) são classificados como espalhante adesivo, pertencendo ao grupo químico dos Aquil Fenóis Etoxilados. Segundo os resultados apresentados esta classe de adjuvantes demonstrou potencial de redução do %vol.<100  $\mu\text{m}$ , principalmente nas pontas com indução de ar. São importantes ações que reduzam estes percentuais, pois, segundo alguns autores este tipo de gota apresenta alto potencial de deriva (CHRISTOFOLETTI, 1999 e MATTHEWS, 2000).

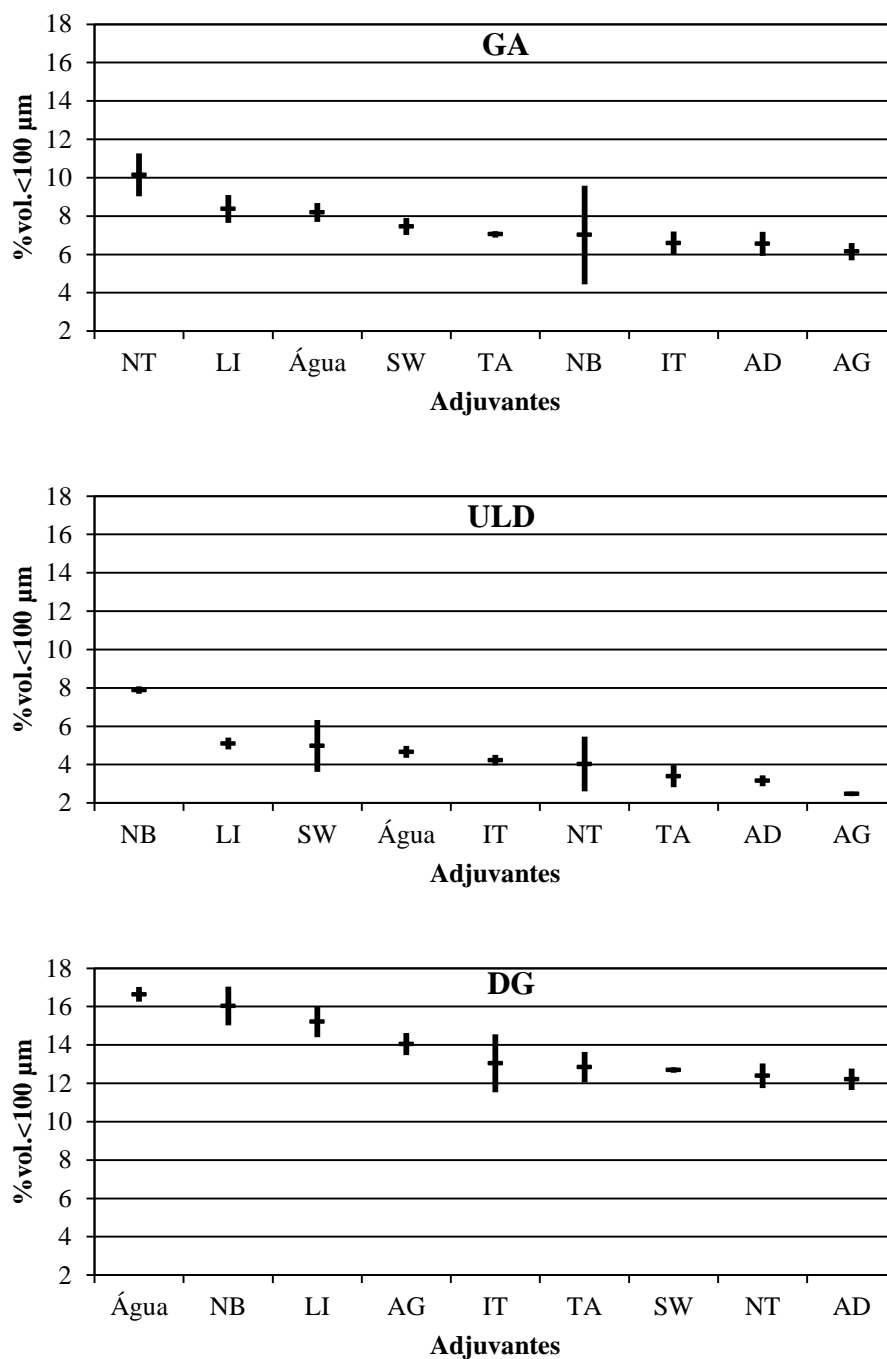


Figura 14. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (%vol.<100 μm), para diferentes caldas, de acordo com as pontas de pulverização GA, ULD e DG. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

#### 4.4 Amplitude Relativa

Para a análise da amplitude relativa (AR) os resultados estão apresentados na Figura 15. Houve diferenças nos comportamentos dos adjuvantes de acordo com cada ponta de pulverização. Para a ponta GA os adjuvantes a base de óleos demonstraram potencial no aumento da AR (notadamente o Óleo Vegetal Nortox, com diferença significativa), resultados considerados desfavoráveis em relação à uniformidade do espectro de gotas. Para a ponta ULD o aumento da AR foi significativo apenas para o NB (Nimbus), enquanto, IT (In-Tec) e LI (Li-700) reduziram significativamente a AR. Quanto maior os resultados de AR maior é a variação de tamanhos de gotas pulverizadas (MATHEWS, 2000; e CUNHA et al. 2004)

Para a ponta DG os adjuvantes não modificaram a uniformidade do espectro de gotas em comparação à água. Todos os adjuvantes avaliados para esta ponta não tiveram valores de AR que apresentassem diferenças estatísticas ao resultado da água.

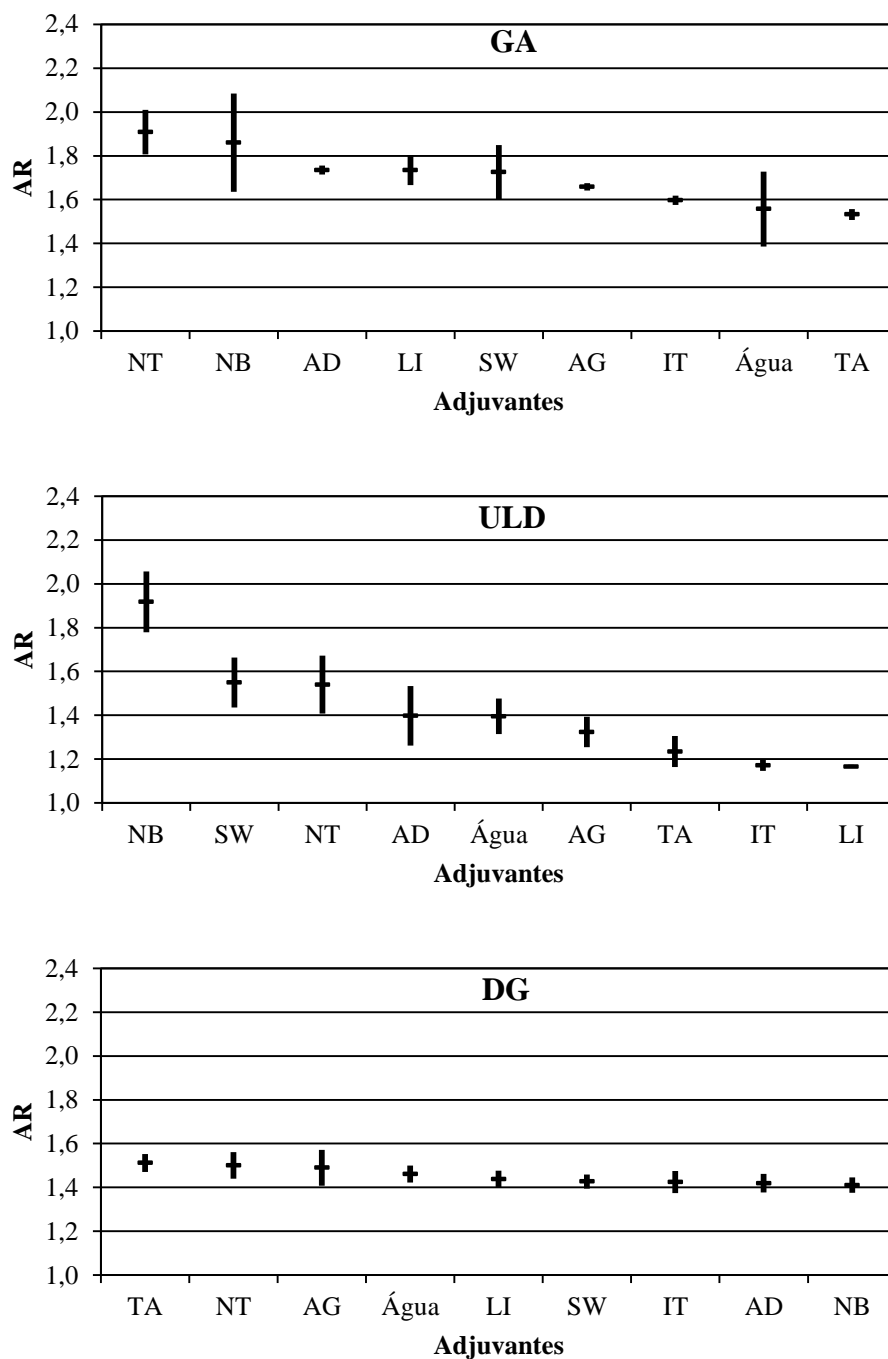


Figura 15. Amplitude relativa (AR), para diferentes caldas, de acordo com as pontas de pulverização GA, ULD e DG. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.



#### 4.5 Comparação das variáveis de espectro de gotas entre as três pontas avaliadas

Para estudar o comportamento somente das pontas de pulverização foram calculadas médias dos resultados das análises do espectro de gotas para cada um dos modelos, sendo os resultados apresentados na Figura 16. Foram observadas diferenças significativas entre as diferentes pontas estudadas, onde os maiores valores de DMV foram obtidos através das pontas com sistema de indução de ar, com maior valor para a ponta GA, seguida da ULD. Fritz et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes, em que as pontas com sistema de indução de ar elevaram o DMV em relação a ponta DG.

Para os resultados de %vol.<100  $\mu\text{m}$  as pontas com sistema de indução de ar apresentaram os menores valores, com diferenças estatísticas entre si e entre a ponta DG. A ponta ULD teve um valor médio de 4,44%, aproximadamente três vezes menor que a ponta sem indução de ar (DG), enquanto para a ULD este valor foi de 7,5%, aproximadamente 2 vezes menor que o valor da ponta DG (13,9%). Estes resultados estão de acordo com o estudo de Matthews (2008), que relatou a diminuição do %vol.<100  $\mu\text{m}$  para as pontas com indução de ar em relação a ponta de pré orifício, com valores de 15% para a pré-orifício e abaixo de 10% para a ponta com indução de ar. Fritz et al. (2009) também obtiveram a redução nos %vol.<100  $\mu\text{m}$  para as pontas com sistema de indução de ar em relação a ponta jato plano de referência, sem indução.

Deve-se ressaltar, entretanto, que quanto maior o tamanho de gotas produzidas por uma ponta, menor a cobertura do alvo. Em estudo sobre a cobertura e deriva produzida por diferentes pontas e adjuvantes, Fietsam et al. (2004) obtiveram diferenças significativas dentre os tratamentos, em que, os menores valores de cobertura foram para a ponta com sistema de indução de ar, assim como a quantidade de gotas por centímetro quadrado. Porém, a deriva para a ponta com indução de ar foi a menor, independente do adjuvante e da dose utilizada.

Os resultados para a amplitude relativa demonstram que não há diferenças significativas entre a ponta ULD e DG com os menores valores, de 1,41 e 1,45 respectivamente. A ponta GA foi a que teve o maior valor, de 1,7, diferindo-se significativamente das demais.

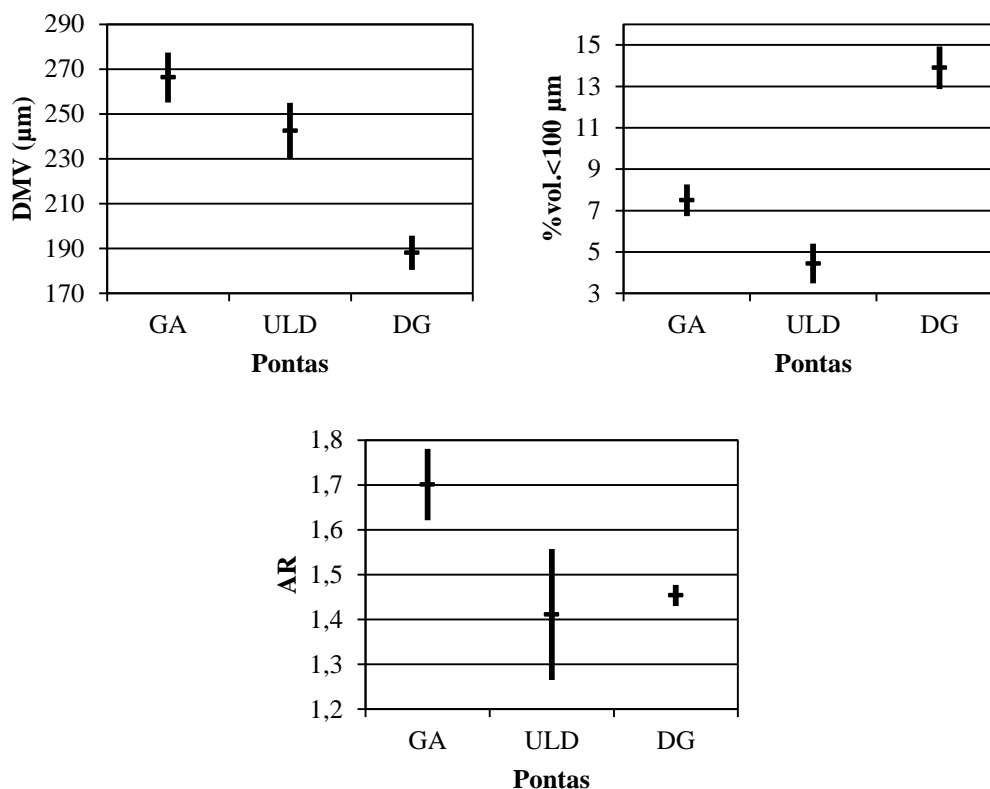


Figura 16. Valores médios de DMV ( $\mu\text{m}$ ), %vol.<100  $\mu\text{m}$  e AR, para as diferentes pontas de pulverização. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

#### 4.6 Correlação entre as diferentes variáveis

Os resultados de correlações entre as variáveis DMV, %vol.<100  $\mu\text{m}$ , AR e de % ar incluído estão apresentados nas Tabelas 7 e 8. Para a realização das análises foram agrupadas as pontas com sistema de indução de ar.

Analisando apenas as interações existentes entre as variáveis de espectro de gotas, nas pontas com indução de ar, foram obtidas correlações significativas entre DMV com AR, DMV com %vol.<100  $\mu\text{m}$ , sendo elas positivas, ou seja, o aumento no DMV proporcionou o aumento da AR e também o aumento do %vol.<100  $\mu\text{m}$  (Figuras 17 e 18). Este resultado demonstra que o aumento no DMV proporcionou maior desuniformidade do

espectro de gotas e, também, a quantidade de volume de gotas que são mais susceptíveis a deriva (%vol.<100  $\mu\text{m}$ ).

Ainda nas pontas com indução de ar, avaliando apenas a interação das variáveis de espectro de gotas, foi obtida interação entre o %vol.<100  $\mu\text{m}$  e a AR, também positiva, ou seja, diretamente proporcional. Este fato indica que o aumento do volume de gotas mais propensas a deriva também ocasionou o aumento da desuniformidade do espectro de gotas (Figura 19).

Tabela 7. Correlação entre as variáveis de espectro de gotas e % de ar incluído para as pontas com indução de ar.

	Desvio Padrão	DMV	AR	%vol.<100 $\mu\text{m}$
DMV	25,23			
AR	0,25	0,77*		
%vol.<100 $\mu\text{m}$	2,20	0,43*	0,66*	
% ar incluído	3,42	-0,17	-0,32*	-0,55*

\* Correlação de Pearson significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Tabela 8. Correlação entre as variáveis de espectro de gotas e % de ar incluído para a ponta DG.

	Desvio Padrão	DMV	AR	%vol.<100 $\mu\text{m}$
DMV	13,50			
AR	0,06	0,38		
%vol.<100 $\mu\text{m}$	1,76	-0,78*	0,00	
% ar incluído	0,97	-0,28	-0,20	0,03

\* Correlação de Pearson significativa ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).

Para a ponta DG, a única correlação encontrada foi entre o DMV e o %vol.<100  $\mu\text{m}$ , tendo uma correlação negativa, ou seja, inversamente proporcional, em que o aumento do DMV ocasionou a diminuição do %vol.<100  $\mu\text{m}$  (Figura 20). Iost (2008) e Costa (2006) obtiveram resultados semelhantes, em que foi constatada a mesma relação, além disso, no estudo de Costa (2006), também foram correlacionadas estas variáveis com o potencial de deriva, em que o aumento do DMV e a diminuição do %vol.<100  $\mu\text{m}$  proporcionaram a diminuição nos percentuais de deriva.

Comparando o comportamento entre as correlações das pontas de indução de ar com a ponta DG, no caso da correlação entre DMV e %vol.<100  $\mu\text{m}$  foi constatada uma diferença, ou seja, com as pontas de indução de ar a correlação foi positiva, ocorrendo o oposto na ponta DG (sem indução de ar). Além disso, nas pontas de indução de ar foram encontradas outras correlações, as quais não aconteceram na DG. Isto indica que a interação das variáveis é dependente do tipo de ponta, não apresentando um padrão definido. Butler Ellis e Tuck (1998) e Costa (2006) também constataram comportamentos distintos de espectro de gotas de acordo com a ponta de pulverização, para diferentes caldas. Segundo Spanoghe et al. (2007), o efeito do adjuvante sobre o espectro de gotas depende do tipo de ponta utilizado.

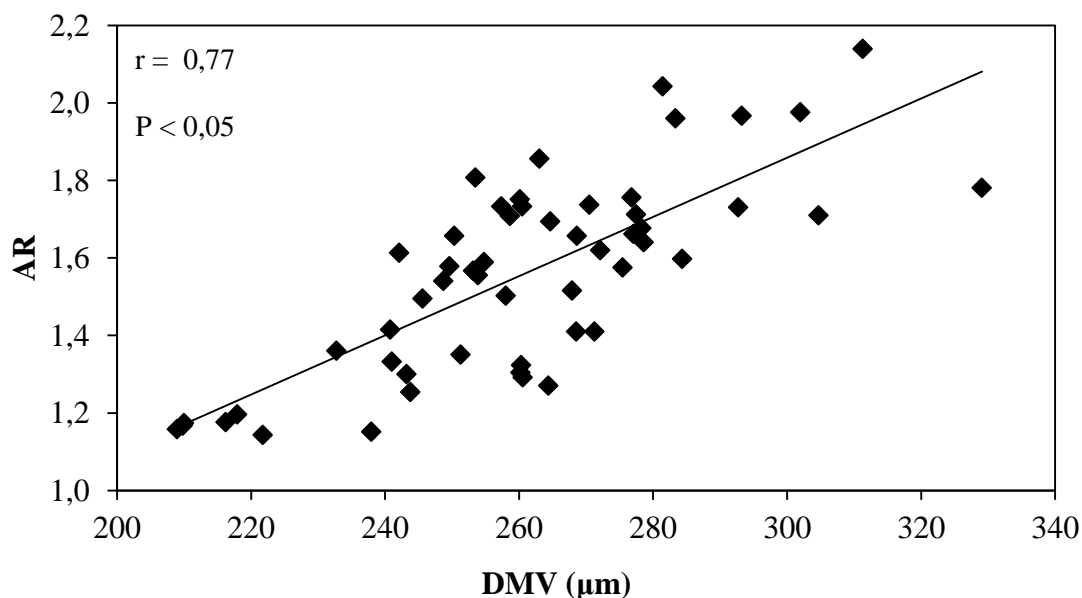


Figura 17. Amplitude relativa (AR) em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para as pontas com indução de ar GA e ULD.

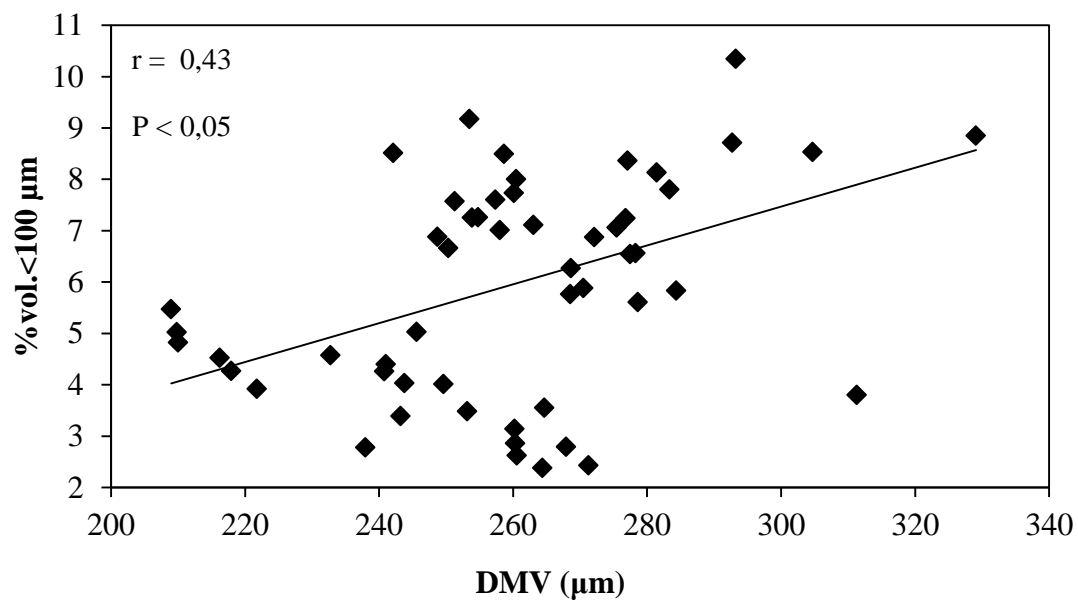


Figura 18. Porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$  (%vol.<100  $\mu\text{m}$ ) em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para as pontas com indução de ar GA e ULD.

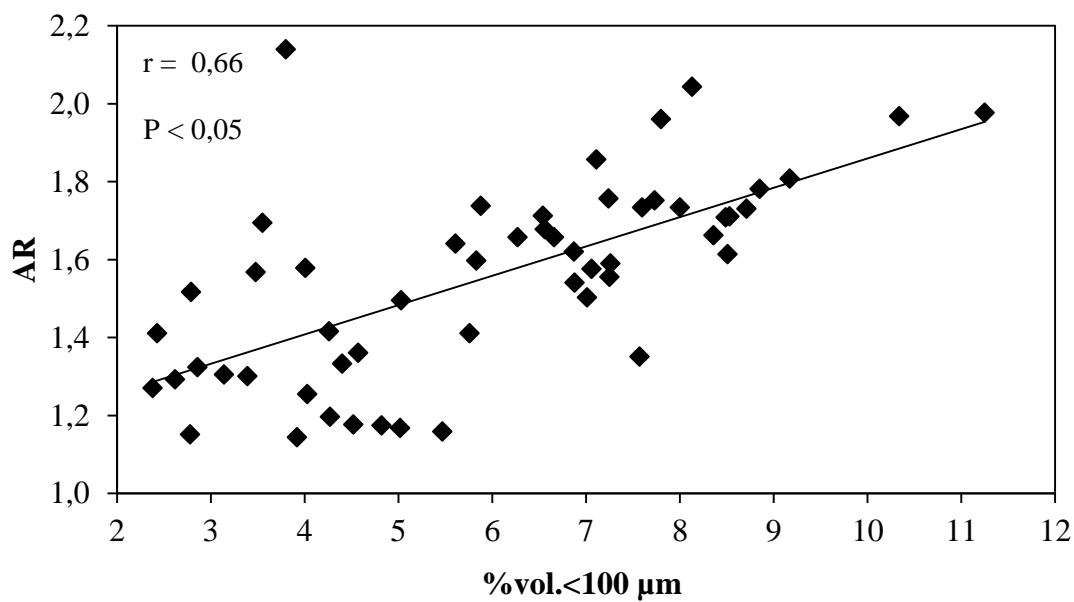


Figura 19. Amplitude relativa (AR) em função da porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$  (%vol.<100  $\mu\text{m}$ ) para as pontas com indução de ar GA e ULD.

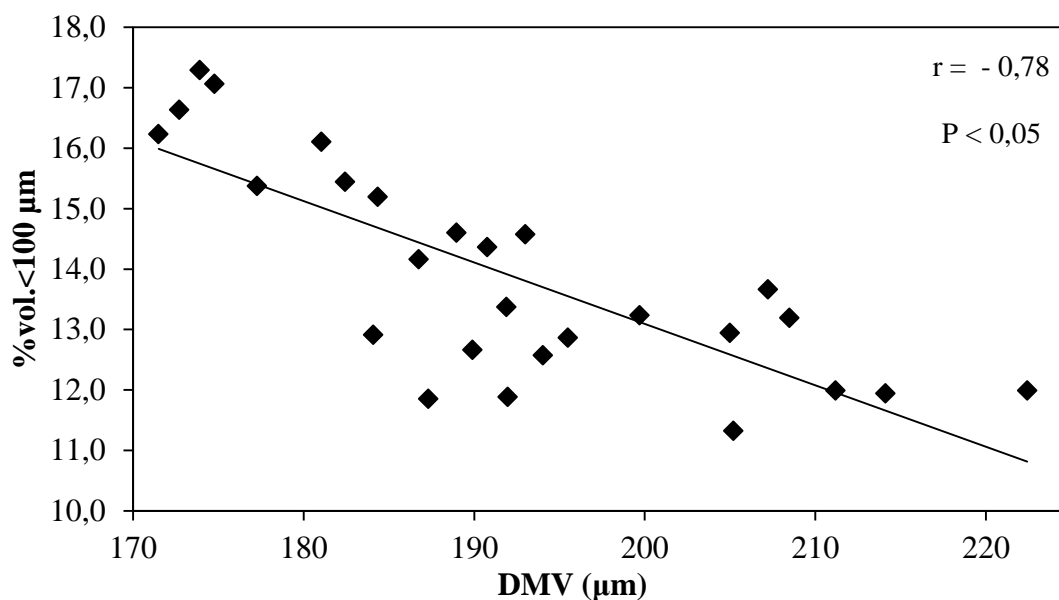


Figura 20. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm (%vol.<100 µm) em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta DG.

Para as correlações entre as variáveis de espectro de gotas e a variável % de ar incluído, somente as pontas com indução de ar apresentaram correlações significativas, em que o ar incluído influenciou a AR e o %vol.<100 µm, de maneira que ambas tiveram valores negativo, demonstrando comportamento inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o percentual de ar incluído na pulverização, menor o valor da AR e do %vol.<100 µm (Figuras 21 e 22).

No processo de formação das gotas em pontas de pulverização, quando o ar é incorporado em forma de bolhas, estas formam pontos mais fracos que podem facilitar a desintegração das gotas (MILLER e BUTLER ELLIS, 2000; GULER et al., 2007). Quando acontece esta desintegração, o diâmetro da gota é reduzido. Entretanto, há alguns adjuvantes que melhoram a estabilidade e a retenção das bolhas de ar no interior das gotas, ou seja, dificultando a desintegração das mesmas. Este fato evidencia o comportamento inversamente proporcional entre o percentual de ar incluído e o %vol.<100 µm, ou seja, se o ar incluído na pulverização não fica retido nas gotas, o mesmo quando se perde causa a fragmentação das gotas diminuindo seu diâmetro, o que também contribui para o aumento da desuniformidade do espectro, elevando o valor de amplitude relativa.

O fato de não haver correlação significativa entre o percentual de ar incluído e o DMV é evidenciado pelos estudos realizados por Guler et. al. (2007), que constataram não haver diferenças significativas no espectro de gotas entre pontas de indução de ar com o orifício de entrada de ar aberto e fechado. Estes resultados também são evidenciados pelo estudo de Butler Ellis et al. (2002), que observou pouca relação entre o ar que entra no sistema através dos orifícios de entrada de ar e DMV.

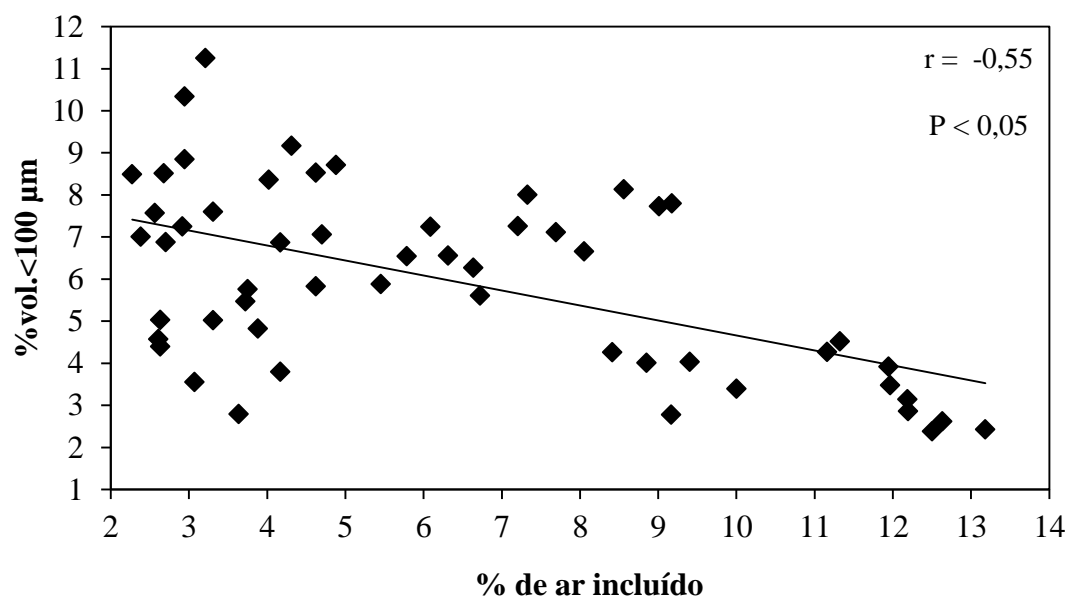


Figura 21. Porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 µm (%vol.<100 µm) em função da porcentagem de ar incluído na pulverização (% de ar incluído) para as pontas com indução ar GA e ULD.

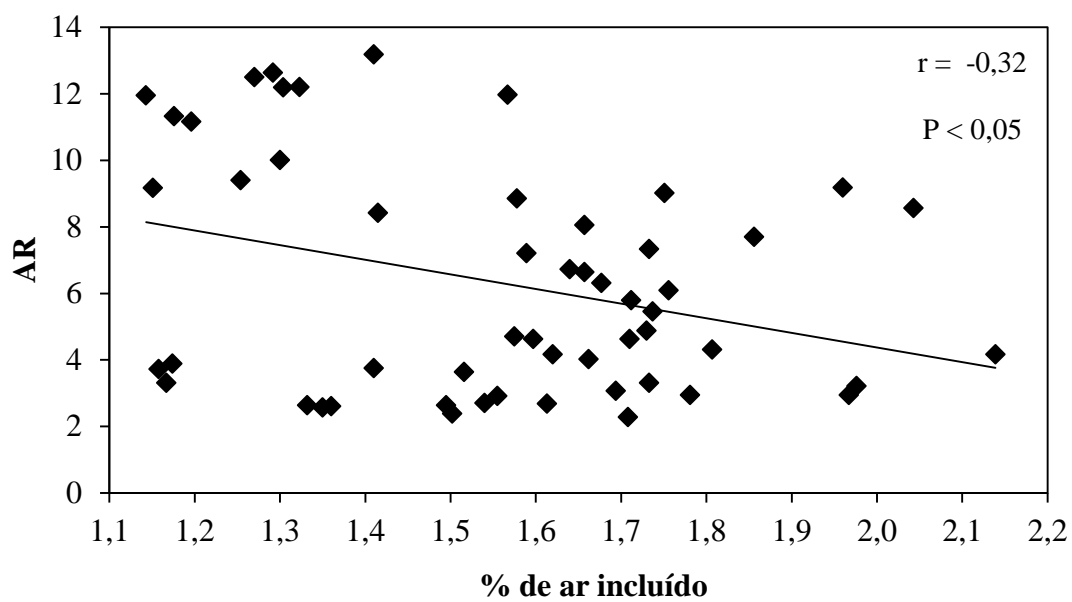


Figura 22. Amplitude relativa (AR) em função da porcentagem de ar incluído na pulverização (% de ar incluído) para as pontas com indução ar GA e ULD.



## 5 CONCLUSÕES

O percentual de ar incluído nas gotas geradas por pontas com indução de ar e pré-orifício foi influenciado pelo uso de diferentes adjuvantes de calda, sendo que a quantidade de ar depende do tipo de adjuvante ou composição da calda.

O percentual de ar incluído nas gotas apresentou correlação negativa significativa com a amplitude relativa e com o percentual de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  nas pontas com indução de ar, indicando que o aumento do percentual de ar incluído ocasiona a diminuição do percentual de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ , além da diminuição do valor de amplitude relativa. Este comportamento confere características desejáveis ao espectro de gotas, pois diminui o volume de gotas mais susceptíveis a deriva e melhora a homogeneidade do espectro gerado.

## 6 REFERÊNCIAS

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.; BAILO, 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. et al. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SINTAG: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p. 48- 51.

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SASAKI, E. H. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 731-738, mai./jun. 2006.

BALAN, M. G. et al. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, abr./jun. 2008.

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.

BAYLAR, A.; OZKAN, F.; OZTURK, M. Influence of venturi cone angles on jet aeration systems. **Proceedings of the ICE - Water Management**, London, v. 158, p. 9-16, 2005.

BUTLER-ELLIS, M. C.; TUCK, C. R. Predicting spray droplet size from three nozzle designs using physical properties of spray liquids containing adjuvants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS AND AGROCHEMICALS, 5., 1998, Memphis, Tennessee. **Proceedings...** Wageningen: International Society for Agrochemical Adjuvants, 1998. p. 383-400.

BUTLER ELLIS, M. C. et. al. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. **Biosystems Engineering**, London, 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, 740-749, 2008.

CHAIM, A. et al. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura de tomate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 35, n. 5, p.741-7, 1999.

CHECHETTO, R. G. et al. Influência de óleos adjuvantes nas propriedades físico-químicas de caldas de pulverização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHA, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3601-3605.

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

COMBELLACK, J. H.; WESTERN, N. M.; RICHARDSON, R. G. A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. **Crop Protection**, Guildford, v. 15, n. 2, p.142-152, 1996.

COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-d e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes**. 2006. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, jan./mar. 2007

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. **Fungicide: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1967. p.239-86. Apud. MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal: FUNEP, 1990.. 139p.

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

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciencia**, Caracas, v. 34, n. 9, p. 655-659, 2009.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 366-372, 2010.

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, v. 39, n. 10, p. 977-985, out. 2004.

DURINGA, 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.

FAGGION, F. **Desenvolvimento de métodos para estimar a quantidade de ar incluído às gotas por pontas de pulverização com indução de ar**. 2002.73 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U. R. Ar na aplicação. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 26, p. 12-15, dez. 2003/ jan. 2004.

FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U. R. Desempenho de pontas de pulverização quanto a indução de ar nas gotas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 4, p. 72-82, 2010.

FIETSAM, J. F. W.; STEFFEN, B. G.; JOVEM, R. W. Differential response of herbicide drift reduction nozzles to drift control agents with glyphosate. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 47, n. 5, p. 1405-1411, jul. 2004.

FORNAROLLI, R. A. et al. Influência do horário de aplicação no comportamento de atrazine e misturas aplicadas em pós-emergência na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n.1, p.119-130, 1999.

FRITZ, B. K et al. An overview of spray drift reduction testing of spray nozzles. In: Annual national agricultural aviation association convention, 43., 2009, Reno. **Anais...** Washington: National Agricultural Aviation Association, 2009.

GENT, D. H.; SCHWARTS, H. F.; NISSEN, S. J. Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 87 p.591-597, mai., 2003.

GREEN, J. Adjuvant outlook for pesticides. **Pesticide Outlook**, Cambridge, v. 11, p. 196–199, 2000.

GULER, H. et al. Spray Characteristics and Drift Reduction Potential with Air Induction and Conventional Flat-Fan Nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 50, n. 3, p. 745-754, 2007.

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.

HEWITT, A. J. Spray optimization through application and liquid physical property variables **Environmentalist**, Hampshire, v. 28, n. 1, p. 25-30, 2007.

HIMEL, C. M. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 62, n. 4, p. 919-25, 1969.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

JONES, E. J.; HANKS, J. E.; WILL, G. D. Effect of different nozzle types on drift and efficacy of Roundup Ultra. **Information Bulletin 1119**, Mississippi, 2002.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES, S. B (Org.). **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas**

tecnologias. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/herb/Adjuvantes%20para%20caldas%20de%20produtos%20fitossanitarios%20-%20Kissmann.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2009.

KISSMAN, K. G. Rumos e tendências da pesquisa em tecnologia de aplicação de agrotóxicos: A visão da indústria química. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2001. Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/Centros/centro%20de%20engenharia%20e%20automa%C3%A7%C3%A3o/sintag/AKissman.PDF>> Acesso em: 20 nov. 2010

LEFEBVRE, A. H. **Atomization and sprays**. New York: Hemisphere, 1989. 142 p.

LEMOS, R. E. et al. Parâmetros relacionados ao tamanho de gotas em bicos rotativos utilizados na catação de plantas daninhas na cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninha, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3591-3595.

MACIEL, C. D. G. et al. Tensão superficial estática de misturas em tanque de glyphosate + chlorimuron-ethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 673-685, 2010.

MAROCHI, A. I. Influência do horário de aplicação de herbicidas, no controle de infestantes na cultura do milho em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Anais...** Londrina: SBHED, 1993. p. 262-264.

MATTHEWS, G. A. Developments in application technology. **Environmentalist**, Hampshire, v. 28, p. 19-24, 2008.

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

MATUO, T. **Desenvolvimento de um pulverizador intermitente operado fotoeletricamente para tratamento de pomares de citros**. 1988. 167 f. Tese (Livro-Docência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 1988.

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

MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 16-23, jan. 2007.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, p. 609-615, 2000.

MONTÓRIO, G. A. **Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial**. 2001. 72 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônômicas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

MOTA, A. A. B. et al. Espectro de gotas da pulverização de herbicida com e sem a adição de adjuvante na calda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHA, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3419-3423.

OLIVEIRA, M. A. P. **Remoção pela chuva de diferentes formulações de flutriafol aplicada em soja, com e sem a adição de óleo mineral na calda**. 2009. 94 f. Tese



(Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

OZKAN, H. E. et al. Effect of drift retardant chemicals on spray drift, droplet size and spray pattern. In: BERGER, P. D.; DEVISETTY, B. N.; HALL, F. R. **Pesticide formulations and application systems, 13v, ASTM STP 1183**. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1993. p. 183-189.

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Conceitos básicos de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLINI, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa, 2008. p. 155-157.

RAMOS, H. H. et al. **Manual de tecnologia de aplicação**. Campinas: ANDEF, 2004.

RODRIGUES, J. D. Absorção e transporte de solutos nas plantas. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p.31-59.

SANDERSON, R. et al. A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. **Crop Protection**, Guildford, v. 15, n. 2, p. 147-152, 1996.

SILVA, A. C. A. et al. Efeito de diferentes adjuvantes no espectro de gotas e no potencial de deriva em pulverizações agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3443-3446.

SPANOGHE, P. et al. Influence of agricultural adjuvants on droplet spectra. **Pest Management Science**, Sussex, v. 63, p. 4–16, Jan. 2007.

STAINIER, C. et al. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. **Crop Protection**, Guildford, v.55, n. 12, p.1-19, 2006.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica.** 1997. 310 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

WESTERN, N. M. et al. Drift reduction and droplet-size in sprays containing adjuvant oil emulsions. **Pesticide Science**, Oxford, v. 55, n. 6, p. 640-642, jun. 1999.