

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

**POTENCIAL DE REDUÇÃO DA DERIVA EM FUNÇÃO DE
ADJUVANTES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO**

RODOLFO GLAUBER CHECHETTO

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

BOTUCATU – SP

Julho - 2011

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

**POTENCIAL DE REDUÇÃO DA DERIVA EM FUNÇÃO DE
ADJUVANTES E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO**

RODOLFO GLAUBER CHECHETTO

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

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

BOTUCATU – SP

Julho – 2011

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

Chechetto, Rodolfo Glauber, 1987-
C514p Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização / Rodolfo Glauber Chechetto. - Botucatu : [s.n.], 2011

viii, 70 f. : ils. color., gráfs., tabs., fots. color..

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

1. Espectro de gotas. 2. Agrotóxicos. 3. Tecnologia de aplicação. 3. Pontas de pulverização. 4. Deriva. I. Antuniassi - Ulisses Rocha. II. Universidade estadual Paulista "Júlio 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: "POTENCIAL DE REDUÇÃO DA DERIVA EM FUNÇÃO DE ADJUVANTES
E PONTAS DE PULVERIZAÇÃO"**

ALUNO: RODOLFO GLAUBER CHECHETTO

ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



PROF. DR. MARCO ANTONIO GANDOLFO



PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Data da Realização: 18 de julho de 2011

*“... Respeite quem pode chegar
onde a gente chegou
E a gente chegou muito bem
Sem desmerecer a ninguém
Enfrentando no peito um certo preconceito
e muito desdém...”* (Jorge Aragão)

Dedico

Incontestavelmente,
aos pilares da minha vida;
Meu pai Claudenir Aparecido Chechetto;
E minha mãe Rosimeire Machado Chechetto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, e principalmente por conceder saúde, determinação e motivação para concluir mais essa fase a mim destinada.

Aos meus pais, Claudenir e Rosimeire, pelos ensinamentos e simplicidade em encarar a vida e, sobretudo por creditar na importância de todo meu estudo, e a toda a minha família sem exceções, pois só eu sei a importância de cada um em todo esse trajeto.

Ao professor Dr. Ulisses Rocha Antuniassi pelo apoio, ensinamentos, amizade, compreensão das minhas limitações e por possibilitar a realização desse trabalho.

Ao professor Dr. Marco Antônio Gandolfo pelo companheirismo e amizade desde os tempos da graduação, por demonstrar e conduzir a importância da realização do mestrado, e pelas importantes dicas em todos os meus estudos.

Ao professor Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, pela convivência, simplicidade, amizade e as importantes contribuições para esse trabalho.

Ao professor Dr. Caio Antonio Carbonari pela dedicação e contribuição nessa dissertação.

Aos amigos em Botucatu, Alisson Augusto, Anne Caroline, Caroline Michels, Fernando Kassis, Rone Batista, Guilherme Moleiro, Flávio Gurgacz, Gregório, Emerson Cordova, Evandro Prado, Fabrício Masiero, Camillo, Alexandre, Carlos Renato, Luiz Eduardo, Marcelo Gimenes, Mario Dal Pogetto e todos com quem passei bons momentos nesses dois anos.

Aos incansáveis amigos de Itapuí, Eduardo Guadagnucci, David Freitas, Luis Otávio, Paulo Souza, Alexandre Junior, Ricardo Neri, Rafael, Anderson e meu primo Marcelo Colovati por todos os momentos vividos... amigos para todas as horas e com certeza para toda a vida.

A todos meus amigos de graduação pela presença não perdida e por todas as ligações de incentivo, Henrique Meireles, Breno, Denise, Vinicius, Rafael, Hélio, Thiago, Henrique Rodeguer, Diego e toda a turma que fazem parte de minha consideração.

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

Em especial a Antônio Carlos Silva pela simplicidade e responsabilidade com que trata o trabalho, paciência e por todos os ensinamentos práticos durante esses dois anos, com ele aprendemos mais que trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 Tecnologia de aplicação.....	8
2.2 Espectro de gotas	10
2.3 Deriva.....	12
2.4 Pontas de Pulverização.....	14
2.5 Adjuvantes	19
2.6 Túnel de vento.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Tratamentos.....	26
3.2 Análise dos dados.....	28
3.3 Análises do espectro de gotas	28
3.4 Análise do risco de deriva em túnel de vento	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Espectro de gotas	38
4.1.1 Diâmetro mediano volumétrico (DMV)	38
4.1.2 Porcentagem do volume de gotas com DMV menor que 100 µm (%vol.<100 µm)	41
4.1.3 Amplitude relativa (AR)	44

4.2 Deriva em túnel de vento	46
4.3 Correlações entre as variáveis analisadas	55
5. CONCLUSÕES	61
6 REFERÊNCIAS	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites de temperatura e umidade relativa do ar para diferentes tamanhos de gotas (ANTUNIASSI, 2009).....	11
Tabela 2. Descrição e abreviaturas dos adjuvantes utilizados para quantificação de deriva em túnel de vento e análise do espectro de gotas.....	27
Tabela 3. Descrição das pontas utilizadas no experimento.	27
Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.	27
Tabela 5. Correlação entre as variáveis de espectro de gotas e túnel de vento para a ponta de jato plano com pré-orifício (DG).	56
Tabela 6. Correlação entre as variáveis de espectro de gotas e túnel de vento para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ponta de jato plano com pré-orifício (inteira e em corte).....	16
Figura 2. Princípio de um tubo de Venturi, onde: “a” é o orifício de entrada de ar; “b” são as bolhas de ar incluídas no líquido; “c” constrição do tubo; e “d” direção do fluido (Adaptado Mota, 2011).	17
Figura 3. Ponta de pulverização com indução de ar vista em corte, onde: “a” entrada do fluido; “b” entrada de ar; “c” câmara de mistura; e “d” ponta com o orifício de saída do fluido (adaptado de Mota, 2011).	18
Figura 4. Túnel de vento de circuito fechado, construído por Herbst (2001).....	22
Figura 5. Túnel de vento de circuito aberto, construído por Fietsam et al., (2004).	23
Figura 6. Analisador de partículas Mastersizer e o detalhe da localização e do sentido de movimentação da ponta de pulverização.	30
Figura 7. Vista superior e lateral do túnel de vento com detalhes e distâncias das suas principais partes (adaptado de Moreira Júnior, 2009).....	31
Figura 8. Sistema utilizado para as aplicações em túnel de vento. À esquerda reservatório de calda e cilindro de CO ₂ (em vermelho), à direita local de posicionamento da ponta de pulverização e suporte tipo tripé.	32
Figura 9. Pesagem do corante adicionado em todos os tratamentos.	33
Figura 10. Imagem demonstrando a disposição dos fios coletores, alturas e distâncias na seção de testes, em relação ao piso do túnel e a ponta de pulverização, respectivamente.....	34
Figura 11. Desenho da parte superior do túnel, demonstrando uma visão geral do equipamento, e da parte lateral do túnel, em detalhe as distâncias e as alturas dos oito fios coletores (Adaptado Moreira Junior, 2009).....	35
Figura 12. Lavagem dos fios coletores, detalhe para saco e recipiente plásticos identificados.	37
Figura 13. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos, para a ponta de jato plano com pré-orifício (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%.....	39

- Figura 14. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos, para a ponta de jato plano com indução de ar (AI). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%..... 40
- Figura 15. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (%vol.<100 μm), para diferentes caldas, de acordo com a ponta de pulverização 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%. 42
- Figura 16. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (%vol.<100 μm), para diferentes caldas, de acordo com a ponta de pulverização AI. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%..... 43
- Figura 17. Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas, de acordo com a ponta de pulverização 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%. 45
- Figura 18. Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas, de acordo com a ponta de pulverização AI. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%. 46
- Figura 19. Porcentagem de Deriva (médias \pm IC_{5%}) analisada para os adjuvantes com a ponta de jato plano com pré-orifício (DG)..... 47
- Figura 20. Porcentagem de Deriva (médias \pm IC_{5%}) analisada para os adjuvantes com a ponta de jato plano com indução de ar (AI)..... 48
- Figura 21. Porcentagem de Deriva (médias \pm IC_{5%}) analisada para os grupos de adjuvantes com as pontas de jato plano com pré-orifício (DG) e indução de ar (AI)..... 49
- Figura 22. Porcentagem de Deriva para os tratamentos, na ponta de jato plano com pré-orifício (DG), em função das distâncias de coleta dentro do túnel de vento. 52
- Figura 23. Porcentagem de Deriva para os tratamentos, na ponta de jato plano com indução de ar (AI), em função das distâncias de coleta dentro do túnel de vento..... 54

Figura 24. Porcentagem de Deriva (médias \pm IC _{5%}) dos tratamentos com óleo vegetal, nas diferentes concentrações testadas, para as pontas de jato plano com pré-orifício (DG) e indução de ar (AI).....	55
Figura 25. Correlação do parâmetro %vol.<100 μ m em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta de jato plano com pré-orifício (DG).....	57
Figura 26. Correlação do parâmetro %vol.<100 μ m em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).....	58
Figura 27. Correlação do parâmetro AR em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).	58
Figura 28. Correlação do parâmetro diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função da porcentagem de deriva para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).....	59
Figura 29. Correlação do parâmetro %vol.<100 μ m em função da porcentagem de deriva para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).	60

RESUMO

A importância da aplicação de agrotóxicos em cultivos agrícolas e a preocupação crescente com a segurança e a responsabilidade ambiental têm incentivado o desenvolvimento de novas tecnologias visando a redução do risco de deriva. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar o potencial de deriva com diferentes pontas de pulverização e diferentes concentrações de adjuvantes. O ensaio foi instalado com seis caldas provenientes da diluição de diferentes tipos de adjuvantes a base de óleo vegetal, óleo mineral, surfactante e redutor de deriva, as quais foram aplicadas com duas pontas de pulverização, sendo uma de jato plano com pré-orifício (DG 8003 VS) e outra de jato plano com indução de ar (AI 8003 VS), totalizando 12 tratamentos com 3 repetições. O trabalho foi realizado em duas fases, sendo que na primeira o percentual de deriva foi analisado em condições controladas em túnel de vento e na segunda determinaram-se as características do espectro de gotas das pontas, utilizando-se um equipamento analisador de partículas em tempo real Mastersizer S (Malvern Instruments). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo Intervalo de Confiança, ao nível de 95% de probabilidade e as correlações entre as variáveis foram analisadas utilizando o coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade. A análise do espectro de gotas demonstrou diferentes comportamentos para cada tipo de adjuvante e ponta de pulverização. Para a porcentagem de deriva os tratamentos tiveram comportamento distinto, sendo o adjuvante a base de nonil fenol etoxilado o que apresentou maior interação, sendo a maior deriva com a

ponta de pré-orifício e a menor deriva com a ponta com indução de ar. O comportamento dessas pontas foi inverso, para o potencial de deriva, quando o adjuvante a base de óleo foi utilizado. A correlação significativa, encontrada para a ponta DG, foi negativa entre as variáveis DMV e % vol.<100 μm . Para a ponta AI várias correlações significativas foram encontradas, sendo as mais altas a correlação negativa para DMV e % vol.<100 μm e a negativa entre porcentagem de deriva e DMV, ou seja, quando aumenta o DMV a deriva tende a diminuir. Pode-se concluir que para todas as classes de adjuvantes testados, a ponta DG apresentou o espectro de gotas mais sujeito a deriva, porém, o mais uniforme em relação a ponta AI, não sendo observada relação de proporcionalidade entre o DMV e as concentrações utilizadas para os tratamentos com o óleo vegetal para as duas pontas, e a mudança dessas alterou significativamente o comportamento dos tratamentos com os adjuvantes em todos os parâmetros avaliados.

DRIFT REDUCTION POTENTIAL IN FUNCTION OF ADJUVANTS AND SPRAY NOZZLES

Botucatu, 2011. 70p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RODOLFO GLAUBER CHECHETTO

Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

SUMMARY

The importance of pesticide applications in crops and security and ambient responsibility concern has encouraged new techniques development aiming drift reduction. In this context, the objective of this work was estimate drift potential using different spray nozzles and adjuvants concentrations. The experiment was installed containing six solutions from different type adjuvant dilution, as vegetal oil, mineral oil, surfactant and drift reduction, which were applied with two nozzle, one pre-orifice flat fan (DG 8003 VS) and other of air induction flat fan (AI 8003 VS), resulting in 12 treatments with 3 replications each. The experiment was realized in two steps. In the first step, the drift percentage was analyzed in controlled conditions in wind tunnel and the second one determined droplet spectra characteristics, using a real time particle analyzer Mastersizer S (Malvern Instruments). The treatments averages were compared using Confidence Interval at 5% probability and the correlations between variables were analyzed using Pearson at 5% of probability. The analysis of droplet spectrum showed different behavior for each adjuvant and nozzle. Looking at drift percentage the treatments had different behavior and the nonil phenol ethoxylate adjuvant showed greatest influence with the highest drift for pre-orifice nozzle and the lowest for air induction nozzle. The nozzles behaviors were opposite for drift percentage when an oil-base adjuvant was used. The significant correlation, found for pre-orifice nozzle, were negative between VMD and % vol<100. For air induction nozzle, many significant

correlations were found, being the negative between VMD and % vol<100 and negative between drift percentage and VMD, therefore when VMD increases, the drift tends to decrease. It was possible to conclude that all adjuvants with the pre-orifice nozzle had the droplet spectra prone to drift, however, the spectra was more uniform than with the air induction nozzle. It was not observed a proportionality relation between VMD and vegetal oil adjuvant concentration for both nozzle and these changes significantly affected the treatment behaviors with adjuvants in all parameters evaluated.

Keywords: Droplet spectrum, pesticides, application technology

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial resulta na necessidade de um aumento da produtividade agrícola. Um dos fatores que auxiliam esse aumento da produtividade é a utilização de agrotóxicos que controlam pragas, doenças e plantas daninhas. Porém, junto com o aumento da utilização desses agrotóxicos há uma crescente cobrança da sociedade para a produção de alimentos mais saudáveis e por uma contaminação cada vez menor do ambiente.

Auxiliando a aplicação de agrotóxicos está a tecnologia de aplicação, sendo esta a responsável por toda a colocação desses agrotóxicos no meio alvo na forma de pulverização de líquidos, por vias sólidas ou outros meios. Um dos maiores problemas encontrados nesse processo é a perda do agrotóxico por deriva, que é conceituada por Christofolletti (1999b) como toda a aplicação que não atinge o local desejado. Ozkan (2001) relata que a deriva pode ocorrer por evaporação, escoamento, vazamento e/ou por carregamento para outras áreas através do vento.

Uma importante ferramenta para o estudo da quantificação de deriva ou do potencial risco de deriva é o túnel de vento, que simula as condições de vento observadas em campo. Além de validar modelos que estimam a deriva, o túnel de vento permite selecionar e desenvolver técnicas de aplicação que reduzem o impacto ambiental e econômico causado pela perda de agrotóxicos. Contudo, várias são as formas conhecidas para

se reduzir a deriva, sendo as principais, a redução na pressão de trabalho, alterações nas características físico-químicas das caldas, que são influenciadas pelas formulações dos agrotóxicos e pelos tipos de adjuvantes adicionados a calda, e as pontas de pulverização adequadas para cada situação de trabalho. Todos esses parâmetros agem diretamente no tamanho de gotas, resultando no aumento ou redução do risco de deriva, já que gotas de maior diâmetro tendem a diminuir o risco de deriva e as gotas de menor diâmetro tendem a aumentar.

Os adjuvantes responsáveis por alterações nas características das caldas vêm conquistando cada vez mais o mercado brasileiro. Estes apresentam diferentes formulações e são produzidos por diversos fabricantes, apresentando diferentes funções no intuito de melhorar direta e/ou indiretamente o desempenho dos agrotóxicos. Uma classe de adjuvantes muito utilizados no meio agrícola são os redutores de deriva, que atuam principalmente no aumento do diâmetro das gotas e diminui a porcentagem de gotas sujeitas ao risco de deriva, proporcionando maior segurança e maior qualidade das aplicações em condições operacionais e ambientais desfavoráveis.

As pontas de pulverização são um dos principais componentes que influenciam fatores como a qualidade e a eficiência de uma pulverização. Essas são responsáveis por alterar o tamanho das gotas, a vazão e a forma do jato emitido (CHRISTOFOLETTI, 1999a). Suas principais funções são fragmentar o líquido, distribuir as gotas e controlar a saída do líquido por unidade de área (MASIÁ; CID, 2010). Portanto, o sucesso de uma aplicação começa pela escolha de uma ponta de pulverização adequada para cada tipo de trabalho.

As pontas com pré-orifício e indução de ar são importantes ferramentas na redução do risco de deriva, principalmente para aplicação de herbicidas sistêmicos, como o glyphosate e o 2,4-D, que não necessitam de uma boa cobertura e nem boa penetração, já que são pontas que formam um espectro de gotas menos sujeito a deriva. Além da redução do risco de deriva, as pontas com indução de ar oferecem gotas com ar induzido em seu interior na forma de bolhas de ar, devido ao sistema Venturi, diminuindo assim o efeito de ricocheteio das gotas ao atingir o alvo.

Sabendo da importância das pontas de pulverização e dos adjuvantes nas aplicações de agrotóxicos, o objetivo deste trabalho foi estimar o potencial de deriva com diferentes pontas de pulverização e diferentes concentrações de adjuvantes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tecnologia de aplicação

Os primeiros registros sobre a proteção de cultivos agrícolas contra pragas são encontrados no Livro Egípcio dos Mortos e no Antigo Testamento, que relatam o uso de compostos a base de enxofre por parte dos sumérios no controle de ácaros e insetos; já os chineses usavam inseticidas botânicos e compostos a base de arsênicos e mercúrio há 1200 anos a.C. Esses compostos eram aplicados de forma rudimentar sem nenhum auxílio de tecnologias, sendo na maioria das vezes aplicados por humanos com as mãos, com ou sem o auxílio de tração animal (MAGDALENA et al., 2010).

O primeiro instrumento construído para a aplicação de produtos para controle de pragas e doenças foi uma ponta, conhecida como Ponta de Riley, datada do ano de 1888 (MAGDALENA et al., 2010). De acordo com Akesson e Yates (1979) em 1896 já existiam três categorias de pontas de pulverização na agricultura, as que emitiam jatos em forma de leque, as pontas defletoras e pontas de jato cônico vazio. Nesse período ocorreu o maior desenvolvimento de equipamentos de aplicação de agrotóxicos, isso aconteceu devido ao interesse dos agricultores em aumentar as produções e melhorar a qualidade dos produtos, isso tudo foi alavancado pelas consequências da revolução industrial, que promoveu grande êxodo rural e crescimento da população nas áreas urbanas, aumentando assim a demanda por

produtos agrícolas, mas diminuindo a disponibilidade da mão-de-obra nas áreas rurais (CHAIM, 1999).

No Brasil, o primeiro instrumento de aplicação pode ter sido uma “máquina de matar formigas”, composta por um bojo metálico com brasas e arsênico ou enxofre, que formavam gases tóxicos que eram insuflados para dentro de formigueiros (KISSMANN, 2001). Cronologicamente, houve um grande avanço tecnológico das máquinas, passando por marcos históricos, como a Segunda Guerra Mundial, onde o herbicida DDT era aplicado, como arma, por aviões de guerra adaptados. Posteriormente, os agrotóxicos passaram a ser fabricados em escalas maiores em todo o mundo, e inúmeras indústrias de pulverizadores surgiram, fabricando equipamentos rústicos e imprecisos, porém, com o avanço da importação de aparelhos de melhor qualidade, os fabricantes nacionais se viram forçados a aprimorarem os seus produtos, e hoje o Brasil é um grande produtor de pulverizadores de bom desempenho (KISSMANN, 2001).

Contemporaneamente, com o crescimento da população e a demanda quantitativa e qualitativa por alimentos, os agrotóxicos passaram a ser um importante fator na redução das perdas na produção agrícola. Segundo Costa et al., (2007) apesar de cada vez mais se exigir do produtor rural a utilização correta e criteriosa de agrotóxicos, o que se observa no campo é a falta de informações a respeito da tecnologia de aplicação. Cunha et al., (2004) afirmaram que as aplicações desses agrotóxicos podem exercer um efeito desejado, mas devido a não utilização da tecnologia ou de equipamentos adequados são realizadas de forma ineficiente.

Christofolletti (1999a) definiu pulverização como um processo mecânico de geração de gotas por uma determinada calda, que pode ser uma mistura, suspensão ou uma diluição e definiu aplicação como um processo onde o agrotóxico é pulverizado no alvo.

Segundo Durigan (1989) e Matuo (1990), a tecnologia de aplicação consiste em todos os conhecimentos científicos para que seja feita a colocação do produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária e de forma economicamente viável, com o mínimo possível de contaminação ambiental. Essa técnica ainda fica dependente da influência de fatores meteorológicos e biológicos; fatores relacionados ao alvo, como a forma,

tamanho e posição; fatores relacionados às gotas, como a densidade, diâmetro e velocidade; e fatores como a velocidade e direção do vento (BALAN et al., 2006; GAZZIERO et al., 2006).

As condições climáticas são um importante fator a ser considerado no momento das aplicações agrícolas, sendo uma dessas condições climáticas o vento, que age de maneira direta sobre as gotas, alterando sua direção de deslocamento em relação ao alvo desejado (CHRISTOFOLETTI, 1999b). Como condições favoráveis para uma aplicação, Nuyttens et al., (2006) afirmaram que, o aumento da umidade relativa do ar e a diminuição na temperatura e da velocidade do vento diminuem os riscos de perda por deriva.

Para Antuniassi e Baio (2008) o sucesso de uma aplicação depende dos seguintes fatores: seleção das pontas, ajuste do volume de calda, parâmetros operacionais, condições ambientais favoráveis e momento correto da aplicação, devendo sempre ser levado em consideração às recomendações agrônômicas de cada produto. Outros fatores importantes são as relações entre o tipo de alvo a ser atingido, a forma de ação do agrotóxico e a técnica adotada para sua aplicação.

Contudo, na maioria das vezes muita importância é dada ao agrotóxico a ser aplicado e pouca à tecnologia de aplicação. Portanto, passa a ser fundamental o conhecimento dos fatores ligados a uma boa forma de aplicação, que garantem que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando-se as perdas (CUNHA et al., 2003a).

2.2 Espectro de gotas

As gotas produzidas pelas pontas de pulverização apresentam vários tamanhos, formando um espectro de gotas que é quantificado através de um conjunto de parâmetros como a Amplitude Relativa, o diâmetro mediano numérico (DMN) e o diâmetro mediano volumétrico (DMV) (MOTA, 2011). O DMV é o diâmetro de gotas que divide em duas partes a massa de gotas pulverizadas, sendo a soma da parte das gotas maiores igual à soma da parte das gotas menores (ANTUNISSI; BAIIO, 2008). A Amplitude Relativa segundo Cunha et al., (2004) determina a homogeneidade do espectro pulverizado e quanto maior esse valor, menor será a homogeneidade desse espectro de gotas. Já o DMN é o diâmetro de gotas que separa o número destas em duas partes, sendo 50% de gotas menores e 50% de maiores, quando a relação entre o DMV e o DMN é analisada, o valor mais próximo de 1 representa um espectro de gotas mais homogêneo (ANTUNISSI; BAIIO, 2008).

Alguns adjuvantes denominados como redutores de deriva foram desenvolvidos para atuar no espectro de gotas, porém, outros tipos de adjuvantes também influenciam no tamanho dessas partículas (BUTLER ELLIS; TUCK, 1999). Segundo Antuniassi (2004) a definição dos parâmetros volume de calda e tamanho de gotas está diretamente relacionada com o alvo/defensivo.

Gotas com tamanho entre 50 e 100 μm , classificadas como muito fina, proporcionam grande suscetibilidade em elevar a deriva, porém, apresentam capacidade de serem transportadas para o interior do dossel das culturas, já gotas grandes conferem maior resistência em sofrer deriva e têm uma trajetória vertical, apresentando assim, maior deposição em alvos localizados na horizontal (MATTHEWS, 2000). O autor ainda afirma que quando as condições ambientais forem favoráveis à deriva, gotas do tipo médias a grossas devem ser utilizadas (Tabela 1).

Tabela 1. 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%

Em aplicações de agrotóxicos com pulverizadores de barras, as gotas formadas com tamanho iguais ou menores que 50 μm tendem a evaporar antes de atingir o alvo, já as que têm diâmetro maior que 200 μm não apresentaram redução significativa até atingir o alvo desejado (OZKAN, 2000). Para Antuniassi (2009) quando uma ponta é analisada, quanto maior for o percentual de gotas finas que fazem parte do espectro produzido, certamente maior será o risco de deriva, sendo esse conceito utilizado na fundamentação de uma nova classificação de pontas de pulverização.

2.3 Deriva

O uso inadequado dos agrotóxicos tem causado preocupação devido à contaminação ambiental, sendo a deriva a principal perda que acarreta esta contaminação (COSTA et al., 2007). A deriva é conceituada por vários autores de forma similar, Christofolletti (1999b) define deriva como tudo aquilo que não atinge o alvo. Já Miller (1993) define deriva como a parte de uma aplicação agrícola que é carregada para fora da área alvo, pela ação do vento. Completando, Miller (2004) afirma que o agrotóxico também pode ser transportado, na forma de deriva, em gotas ou na forma de vapor.

Segundo Mota (2011) as maiores relações com deriva, relatadas por agricultores, são na aplicação com o herbicida 2,4-D, porém, segundo Kissmann (2001) o potencial do produto em gerar deriva é compatível com os de outros agrotóxicos presentes no mercado. O autor ainda completa, afirmando que tal relação acontece devido aos sintomas causados pela deriva desse produto ser bastante característicos em doses mínimas, criando a falsa impressão de uma deriva maior para esse produto.

Alguns fatores indesejáveis causados pela deriva foram descritos por Ozkan (2001), como o uso ineficiente do equipamento e do tempo de trabalho do operador; o aumento da dose para suprir a perda por deriva; as aplicações com subdose do agrotóxico e controle ineficaz de pragas, doenças e plantas daninhas, necessitando aplicações adicionais, diminuindo o rendimento e aumentando os custos; a destruição obrigatória da cultura impedindo a colheita devido à contaminação não intencional de comestíveis “in natura”; os problemas e perdas jurídicas devido a danos causados a culturas sensíveis pertencentes a outros agricultores; a contaminação da água e do ar; e os riscos de afetar a saúde dos seres vivos.

Antuniassi (2009) cita que o termo deriva foi dividido em dois tipos principais sendo, exoderiva e endoderiva. Quando a perda se dá para locais fora da área alvo em que a aplicação foi realizada, esta é conhecida como exoderiva, como exemplo, as gotas carregadas pelas correntes de ar ou pelo vento. Quando essa perda se dá na própria área alvo em que ocorreu a aplicação, na forma de escorrimento, por exemplo, essa é caracterizada como endoderiva.

Um dos mais importantes agravantes da deriva são as condições climáticas (OZKAN, 1998), essas condições estabelecem limites para que se tenha sucesso em uma aplicação, sendo a umidade relativa do ar acima de 55%, temperatura ambiente menor que 30° C e vento entre 3 a 10 km h⁻¹. Antuniassi (2005) destaca a importância para a não aplicação de agrotóxicos na ausência de vento, devido ao risco de ocorrência de inversão térmica e correntes convectivas, o que acarretaria na dificuldade de deposição de gotas pequenas.

A tecnologia de aplicação é um importante meio na redução da deriva, como a seleção correta de pontas de pulverização, por exemplo, as de baixa deriva (OZKAN, 2001; NUYTENS et al., 2006). Quando se seleciona pontas de pulverização para uma determinada aplicação, o tamanho de gotas é muito importante, haja vista que existe uma variação do alvo e das condições climáticas, porém, a maioria dos agricultores não se atenta para esse fator, realizando aplicações com baixa eficiência e com alto potencial de deriva.

A assistência de ar é um fator que busca reduzir a perda de agrotóxicos por carregamento. Bauer e Raetano (2000) avaliando o efeito da assistência de ar comprovaram a redução de deriva em relação à aplicação com equipamento de pulverização convencional sem assistência de ar na cultura da soja. Porém, Cooke et al., (1990) comparando equipamentos semelhantes demonstram que o equipamento com assistência de ar pode diminuir ou aumentar a deriva, quando comparado ao equipamento convencional, dependendo do tipo de cultura alvo e da idade dessas plantas, e também da configuração operacional, incluindo nesse fator a velocidade do ar na barra de pulverização, e do tipo de ponta utilizado.

Entre muitos fatores que afetam a deriva estão às propriedades físicas e químicas das caldas (BUTLER ELLIS; BRADLEY, 2002), e como um dos responsáveis por alterar estas características estão os adjuvantes, que modificam o espectro de gotas e resultam na variação do potencial risco de deriva (OLIVEIRA, 2011).

Testando a eficiência de pontas convencionais e a eficiência de pontas redutoras de deriva, Lesnik et al., (2005) resultaram em uma diminuição da eficiência no controle das pragas, entre 5 a 15%, para as pontas de baixa deriva, mostrando que a tecnologia de aplicação deve ser aplicada de acordo com a circunstância, não sendo possível a utilização de pontas que diminuam a deriva em qualquer situação.

2.4 Pontas de Pulverização

Tradicionalmente, as pontas de pulverização eram fabricadas de materiais como cobre estanhado, bronze (liga metálica de cobre e estanho) e latão (liga metálica de cobre e zinco), variando somente o processo de fabricação com cada material, visto que as exigências para fabricação dessas peças não era demasiada. Posteriormente, passou a ser utilizado como matéria-prima para a produção dessas pontas o plástico, que primeiramente sofreu um descrédito devido à utilização de um composto inadequado para tal utilidade, mas com a utilização de novos compostos deste material um melhor resultado foi encontrado em relação aos compostos anteriores (MASIÁ; CID, 2010). Os autores ainda relatam que no mercado existe uma grande variedade de produtos e que os catálogos trazem ao menos quatro materiais de fabricação, sendo o bronze, o aço inoxidável e a presença cada vez mais forte do plástico e da cerâmica.

Ao final do circuito hidráulico do pulverizador existe um conjunto chamado bico, esse é formado por várias partes, como, as estruturas de fixação na barra, corpo, anel de vedação, filtro, capa e ponta, das quais a ponta de pulverização é a mais importante, regulando a vazão, o tamanho das gotas e a forma do jato emitido (CHRISTOFOLETTI, 1999b; RAMOS et al., 2004; BAUER; RAETANO, 2004).

O sucesso na aplicação de agrotóxico só é possível quando se dispõe de pontas de pulverização que propiciem distribuição transversal uniforme, espectro de gotas semelhante e de tamanho adequado (CUNHA, 2003b). Isso é possível devido às funções das pontas que são fragmentar o líquido, distribuírem as gotas e controlar a saída do líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998; MASIÁ; CID, 2010).

Uma das formas de se obter boa deposição da aplicação sob alvos biológicos é a seleção correta das pontas de pulverização (SCUDELER et al., 2004), sendo assim muito importante definir as características desejáveis das mesmas (SIDAHMED, 1998; MILLER; BUTLER ELIS, 2000; BAUER; RAETANO, 2004). Ainda Bauer e Raetano (2004), testando pontas de pulverização, afirmaram que a vazão variou dentro do especificado pelos fabricantes, o que se deve a evolução do material e do processo de produção das pontas de pulverização, resultando que um mesmo tipo de ponta tenha uma variação muito pequena.

Existe no mercado uma variedade muito grande de pontas de pulverização, permitindo o uso para determinadas funções e situações de aplicação (BAUER; RAETANO, 2004). Matthews (2000) afirmou que cada ponta tem um padrão característico de distribuição, determinando assim o espaçamento destas na barra de pulverização e a altura em relação ao alvo desejado. Segundo Boller (2006) a seleção das pontas de pulverização serve para adequar o pulverizador ao tipo de aplicação que será realizada, buscando sempre aperfeiçoar o resultado biológico e a capacidade da máquina.

O desgaste das pontas de pulverização é um fator diretamente relacionado com os agrotóxicos utilizados nas aplicações, que varia de acordo com a abrasividade dos produtos. É possível afirmar que as pontas de cerâmica têm o menor custo por unidade quando se avalia o desgaste e o bronze tem o maior custo relativo (MASIÁ; CID, 2010). Os mesmos autores afirmam que o material de cerâmica é altamente quebradiço e se rompe com facilidade, apontando ainda o material de aço inoxidável como o mais resistente a impactos. A substituição das pontas deve ser realizada quando uma ponta apresentar 10% de aumento da vazão quando comparada a uma ponta de pulverização nova Biocca e Vannucci (2000) citados por Gandolfo (2001).

No intuito da redução da deriva em aplicações agrícolas, vêm sendo utilizadas as pontas com pré-orifício, apresentando um perfil de gotas finas a grossas. Essas pontas foram as primeiras desenvolvidas com função antideriva, e se diferenciam das pontas convencionais por uma pequena pré-câmara, que fica localizada antes do orifício de saída, onde as gotas mais finas se unem entre si reduzindo assim a porcentagem de gotas sujeitas a deriva, resultando em uma ponta de valores de diâmetros volumétricos maiores (Figura 1). Normalmente a tampa da pré-câmara é removível facilitando a limpeza e a faixa de trabalho de pressão para esse tipo de ponta é de 200 a 500 kPa (2 a 5 bar) (MASIÁ; CID, 2010).

Existe no mercado pontas de jato plano com pré-orifício e de jato plano duplo com pré-orifício, essa última tenta aliar as vantagens das pontas de jato plano duplo, principalmente a capacidade de penetração, ao espectro de gotas médias, que é menos propenso a deriva em comparação ao espectro de gotas finas e com maior capacidade de cobertura do alvo em relação a um espectro de gotas grossas (CUNHA et al., 2008). Ainda os mesmos autores, relatam que a ponta de jato plano duplo com pré-orifício apresenta dois

orifícios elípticos, localizados antes da abertura dupla para a saída de jatos planos, permitindo a formação de gotas maiores em relação a pontas sem o pré-orifício.

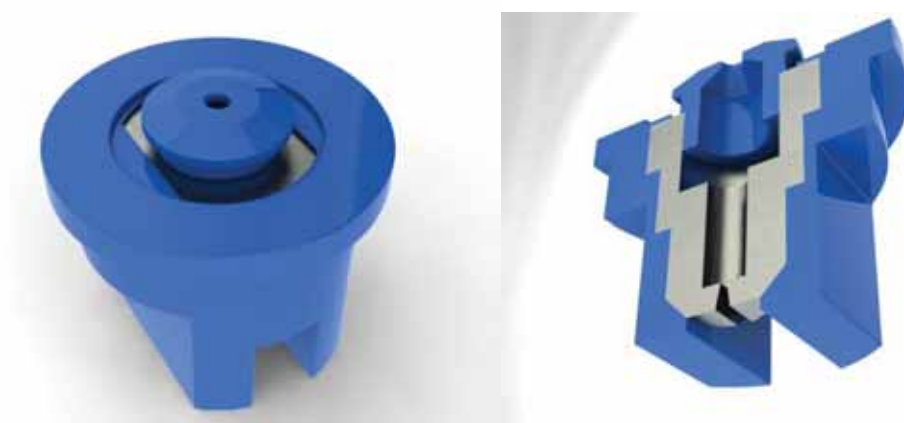


Figura 1. Ponta de jato plano com pré-orifício (inteira e em corte).

Estudos realizados por Boller e Schlosser (2010) demonstraram que as aplicações de herbicidas não sistêmicos por pontas de pré-orifício apresentaram um resultado satisfatório no controle de plantas daninhas, no entanto, as pontas com indução de ar não apresentaram níveis satisfatórios nesse tipo de controle, devido à baixa cobertura proporcionada por esse tipo de ponta. Muitos trabalhos demonstraram que aplicações de fungicidas sistêmicos, com pontas que produzem gotas mais finas, apresentaram melhores resultados de controle do que pontas de baixa deriva. Porém, trabalhos realizados na Universidade de Passo Fundo – RS demonstraram a viabilidade da utilização de pontas de baixa deriva para a aplicação de fungicidas sistêmicos em cereais de inverno (BOLLER; SCHLOSSER, 2010).

Em estudos de Fietsam et al., (2004) constatou-se uma redução da deriva quando foram utilizadas as pontas de pré-orifício em relação as de modelos convencionais. Os autores ainda apresentaram um ranking dos tipos de pontas que apresentavam redução de deriva, classificadas do modelo que gera maior deriva para o modelo que gera menor deriva, sendo: jato plano convencional > pré-orifício > defletor > indução de ar. Além da análise de deriva os mesmos autores descreveram que a ponta com pré-orifício apresenta cobertura intermediária (26%), maior em relação à ponta tipo turbo e a ponta com indução de ar, porém, sendo menor que a ponta de jato plano convencional. Na mesma linha

Costa et al., (2007) demonstraram em testes realizados sob diferentes condições ambientais e diferente pressão de trabalho que a ponta com pré-orifício apresenta maior valor de deriva quando comparado a pontas com indução de ar.

Outras pontas de pulverização que vem sendo uma importante ferramenta na redução do risco de deriva são as com indução de ar, por produzirem um perfil de gotas grossas e/ou muito grossas, com a presença de bolhas de ar em seu interior. Outra característica desse tipo de ponta é a ampla faixa de pressão que se pode trabalhar, estendendo-se de 200 a 800 kPa (2 a 8 bar) (MASIÁ; CID, 2010). Segundo Butler Ellis et al., (2002) o mecanismo responsável por esse processo segue o princípio de um tubo de Venturi.

O princípio do tubo de Venturi (Figura 2) é explicado pelo princípio de Bernoulli, onde o fluxo de um fluido (d) é constante, mas a secção do sistema de condução do fluido sofre uma constrição (c), assim, necessariamente a velocidade do fluido aumenta ao passar por esse local. A entrada de ar acontece exatamente na diminuição da secção (a), onde uma pressão diferencial negativa é criada pelo aumento da velocidade do fluxo ao passar pela secção reduzida, através dessa queda de pressão o ar é succionado pelo orifício responsável pela entrada de ar (BAYLAR et al., 2005; MOTA, 2011). A quantidade de ar aspirada é influenciada pelo tamanho da constrição do tubo e pelo tamanho do orifício de saída, maior será à entrada do ar quando maior for o tamanho de ambos (BUTLER ELLIS et al., 2002).

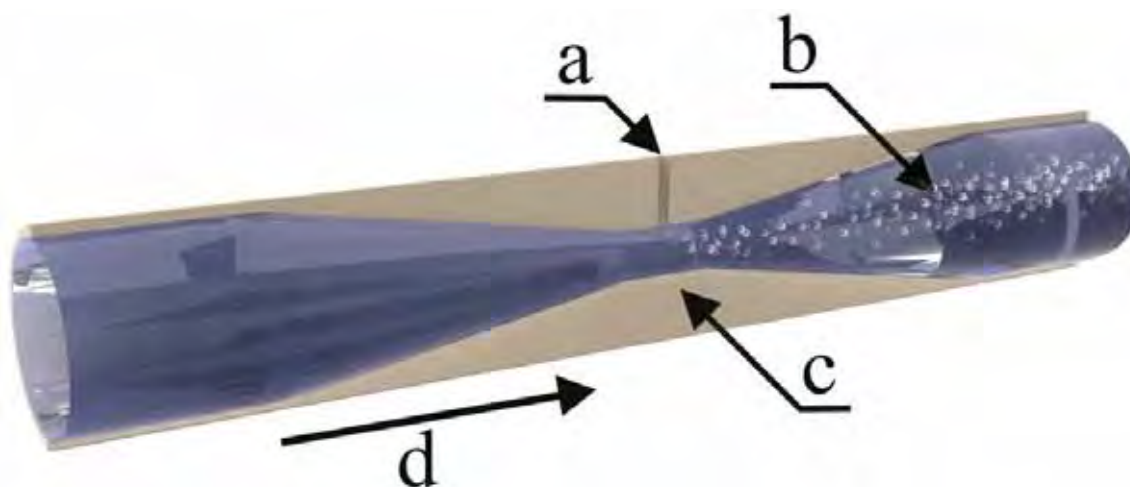


Figura 2. Princípio de um tubo de Venturi, onde: “a” é o orifício de entrada de ar; “b” são as bolhas de ar incluídas no líquido; “c” constrição do tubo; e “d” direção do fluido (Adaptado Mota, 2011).

As pontas com indução de ar (Figura 3) surgiram do aperfeiçoamento das pontas geradoras de espuma (PIGGOTT; MATTHEWS, 1999), que servem para demarcar a faixa de aplicação em pulverizações terrestres de barras. Além do princípio do tubo de Venturi estas apresentam uma câmara de mistura, onde ocorre a mistura da calda com o ar, esta sob pressão passa pelo orifício de saída e em contato com o ar é fracionada em gotas que contem ar em seu interior (FAGGION, 2002).

Novas pontas de jato plano duplo com indução de ar apresentam dois leques defasados, um com ângulo de 10° em relação à barra e outro com ângulo de 50° em relação à barra para trás, essa incompatibilidade somada a velocidade de deslocamento dos pulverizadores causa um efeito dinâmico nas gotas pulverizadas, de forma que ocorra uma melhor distribuição no interior do dossel da cultura (BOLLER; SCHLOSSER, 2010).

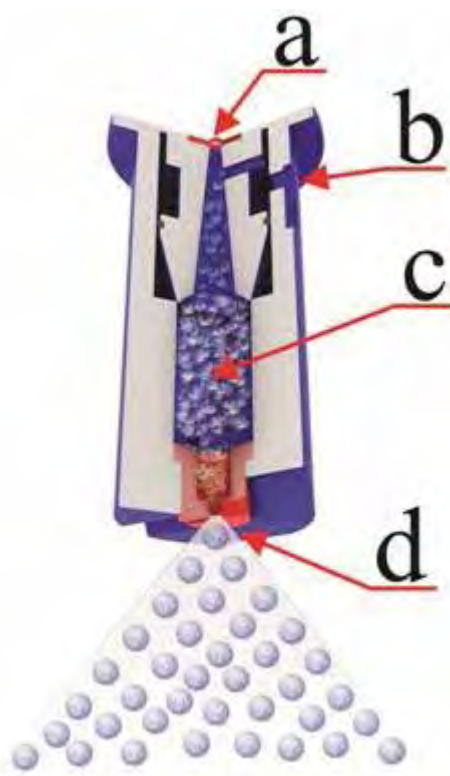


Figura 3. Ponta de pulverização com indução de ar vista em corte, onde: “a” entrada do fluido; “b” entrada de ar; “c” câmara de mistura; e “d” ponta com o orifício de saída do fluido (adaptado de Mota, 2011).

O desempenho das pontas com indução de ar é influenciado diretamente pela geração de gotas grandes que são menos suscetíveis a deriva devido a sua maior massa (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000; MILLER, 2001). Esses autores afirmam que é comum relacionar o risco de deriva a uma determinada ponta através da porcentagem volumétrica das gotas com diâmetros menores que 100 μm .

Em comparações entre pontas com indução de ar com modelos convencionais, Derksen et al., (1999) afirmaram que a ponta com indução de ar produz um diâmetro mediano volumétrico maior, assim houve um menor depósito no fundo do túnel de vento e um menor transporte das gotas pulverizadas, a relação foi feita com todas as pontas trabalhando com a mesma vazão e a mesma pressão. Na mesma linha, em trabalho com pontas com indução de ar em túnel de vento, Fietsam et al., (2004) relataram uma menor deriva para pontas de indução de ar (AI) em comparação a pontas de modelos convencionais (XR). Costa et al., (2007) demonstraram resultados mais baixos de deriva para as pontas com indução de ar comparados a pontas de jato plano convencional, jato cônico vazio e jato plano com pré-orifício, sob diferentes condições ambientais e pressão de trabalho.

Segundo Bauer et al., (2006) a tecnologia de indução de ar é muito utilizada no Centro-Oeste do Brasil, devido sofrer uma menor interferência climática devido a formação de gotas de diâmetros maiores. Confirmando, Etheridge et al., (1999) observaram maior diâmetro da mediana volumétrica e menor porcentagem de gotas com diâmetro inferior a 205 μm para as pontas de pulverização com indução de ar, quando comparadas com pontas de jato plano convencionais, indicando as primeiras para redução de deriva de herbicidas não seletivos.

2.5 Adjuvantes

Uma pulverização de agrotóxicos é afetada por inúmeros fatores, podendo ser a solubilidade e a estabilidade do agrotóxico, incompatibilidade e densidade entre os produtos utilizados, formação de deriva, viscosidade, volatilização, formação de espuma, tensão superficial dentre outros fatores, que podem ser melhorados com a utilização de adjuvantes, que desempenham funções específicas como: dispersantes, tamponantes, molhantes, adesivos, espalhantes, emulsificantes, anti-evaporantes, redutor de espuma e redutor de deriva (OLIVEIRA, 2011).

O termo adjuvante trás muita confusão de conceito com o termo aditivo de calda, porém, a legislação brasileira mostra no Artigo 1º do Decreto nº 4.074, do dia 4 de janeiro do ano de 2002, Lei nº 7.802, do dia 11 de julho do ano de 1989, que 2002, que regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que 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” (MOTA, 2011). Portanto, resumidamente adjuvante é o produto que se mistura com o agrotóxico no momento da preparação da calda, com o intuito de melhorar a aplicação, e aditivo de calda, como o produto que já vem adicionado no agrotóxico, com o intuito de melhorar o processo de produção do agrotóxico até a sua durabilidade.

A confusão causada pelo não estabelecimento de uma criteriosa classificação, gera um uso indevido desses produtos, podendo prejudicar a ação do produto principal, ou não apresentar o efeito desejado do produto em uso (ANTUNIASSI; BAILO, 2008).

Green e Beestman (2007) relatam a utilização de produtos como aditivos, desde os séculos 18 e 19 quando produtos como resina de pinheiro, farinha de trigo, açúcar e melão foram utilizados com cal, enxofre, arsênico e cobre para modificar as características físicas e químicas das caldas para melhorar a atividade biológica desses produtos. Os autores ainda destacam a tendência da característica multifuncional da aplicação de adjuvantes para facilitar a aplicação com aumento do desempenho e relacionam o glyphosate como um bom exemplo dessa tendência, devido à quebra de patente dessa molécula o mercado é dominado por novas e melhoradas formulações de adjuvantes e de glyphosate.

Dentre os adjuvantes, os surfatantes são amplamente utilizados, atuando no contato entre as gotas e a superfície, aumentando a taxa de absorção devido a redução da característica física da tensão superficial, exercendo um espalhamento mais uniforme, reduzindo a evaporação e aumentando o tempo de retenção da pulverização no alvo (TU; RANDALL, 2003).

Oliveira (2011) relatou que a eficiência dos surfatantes é caracterizada, além das condições ambientais, pelo alvo e pela interação entre o agrotóxico e essa classe de

adjuvante. Esse mesmo autor ainda acrescentou que os surfatantes não iônicos (sem cargas negativas ou positivas) são mais utilizados com agrotóxicos sistêmicos e os aniônicos (carregados com cargas negativas) são mais utilizados com os de contato. Isso se deve a atividade de um agrotóxico utilizado com um surfatante não iônico ser totalmente diferente de quando é utilizado com um catiônico ou aniônico.

Segundo Hock (2004) quando um surfatante é utilizado erroneamente a eficiência do ingrediente ativo de um agrotóxico pode ser reduzida, além do aumento do risco de toxidez para a planta tratada.

Os óleos adjuvantes, mineral e vegetal, podem aumentar a penetração dos herbicidas em contato com a superfície foliar e são comumente usados quando as condições climáticas são quentes e secas e/ou quando as cutículas foliares são espessas (TU; RANDALL, 2003). Os autores ainda destacam a importância do emulsificante em formulações de óleos adjuvantes, para melhorar a mistura e evitar a formação de grumos. Existem tipos de óleos adjuvantes emulsificantes, sendo os que contem até 5% de surfatante e os concentrados, que contem até 20% de surfatante (HESS, 1999).

Os óleos minerais são tipicamente utilizados em baixas concentrações, podendo reduzir a tensão superficial, aumentando o molhamento, espalhamento, absorção e reduz o efeito da chuva após a aplicação (rainfastness) (GREEN, 2001). A adição de óleos vegetais e minerais a calda de pulverização demonstraram um aumento do diâmetro mediano volumétrico das gotas (SANDERSON et al., 1997; SILVA et al., 2010). Porém, Chechetto et al., (2010) não encontraram diferença significativa para tensão superficial e para viscosidade na concentração de 1,0% (v v⁻¹) para óleos minerais e vegetais, diferindo dos resultados encontrados por Sanderson et al., (1997) para estudos de tensão superficial e viscosidade para óleos de soja.

2.6 Túnel de vento

O túnel de vento é um equipamento que auxilia o estudo de novas tecnologias como pontas de pulverização e adjuvantes, esse equipamento é capaz de reproduzir condições controladas de vento, gerando valores confiáveis para a quantificação de deriva.

O primeiro túnel de vento noticiado é do ano de 1871 na Inglaterra, desde então, muitos aspectos relacionados a esses equipamentos evoluíram, como uniformidade espacial, velocidade, temperatura e pressão na seção de testes, uniformidade temporal, ausência de rotação, velocidades transversais, flutuações aleatórias e de oscilações periódicas (turbulências e ondas acústicas). Esses aspectos são fundamentais para garantir a qualidade do túnel, sendo necessário o uso de meios como grandes razões de contração, telas, colméias e retificadores. Também é de grande importância evitar descolamentos, em difusores, esquinas e em qualquer parte do circuito que danifique o escoamento do fluxo no interior do túnel (GORECKI, 1988; BARLOW et al., 1999; MOREIRA JUNIOR, 2009).

Os modelos horizontais de túneis de vento são os mais usados, devido à praticidade e menor custo para sua construção, sendo a câmara aberta ou fechada, dependendo do estudo que será realizado, assim como os tamanhos de partículas que serão ensaiados e a velocidade do fluido, que na maioria das vezes é o ar (BARLOW et al., 1999).

Os túneis de vento podem ser subsônicos, quando não ultrapassam a velocidade do som, ou supersônicos, quando ultrapassam a velocidade do som, sendo os subsônicos os utilizados para testes na área agrônômica. Nos túneis de vento subsônicos de circuito fechado (Figura 4) o fluxo de ar, após passar pela seção de ensaios, é reaproveitado, iniciando novamente o sistema e os de circuito aberto (Figura 5), o fluxo ao passar pela seção de ensaios é descartado (FORD, 2008).

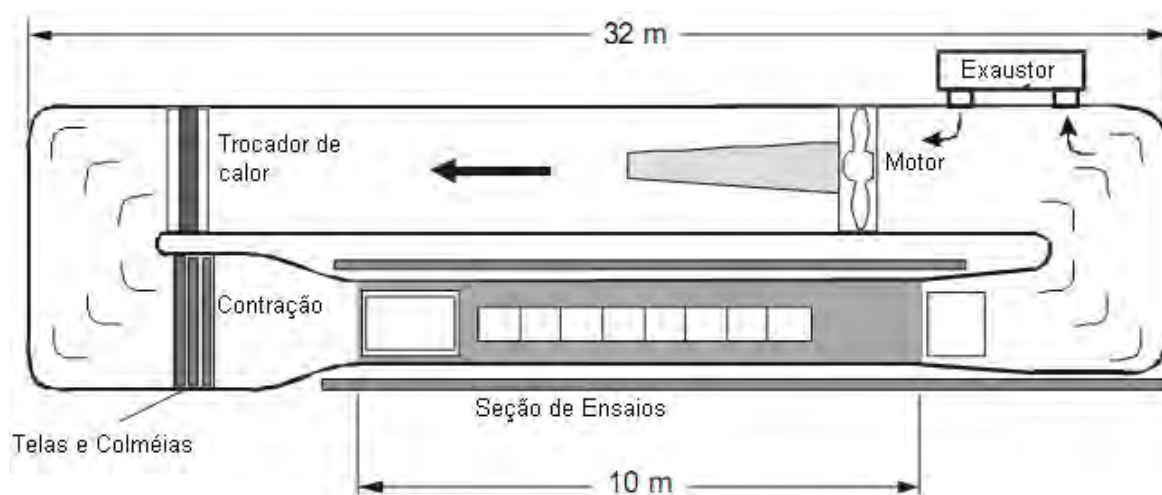


Figura 4. Túnel de vento de circuito fechado, construído por Herbst (2001).

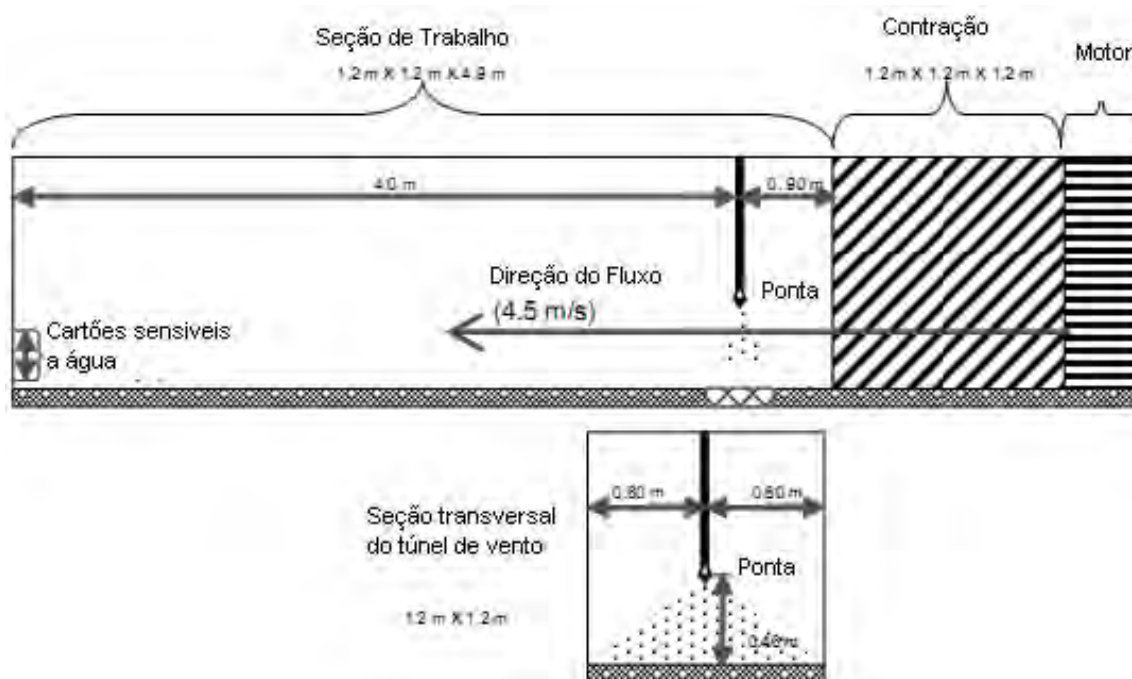


Figura 5. Túnel de vento de circuito aberto, construído por Fietsam et al., (2004).

O sistema acionador (motor) de um túnel de vento pode agir como soprador e/ou como exaustor, sendo o fluxo de ar soprado para fora do túnel por meio de um ventilador centrífugo, ou o fluxo de ar é sugado para dentro do túnel por meio de um exaustor (FORD, 2008).

Phillips e Miller (1999) determinaram que experimentos em túnel de vento são uma técnica adequada para simular resultados de deriva para condições de campo. Costa (2006) utilizou um túnel de vento de 2 x 7 x 2 m (largura x comprimento x altura), com velocidade do fluxo de ar de $2,0 \text{ m s}^{-1}$, para avaliações de deriva com diferentes pontas de pulverização, pressões de trabalho e adjuvantes. Cada aplicação foi realizada durante 10 segundos e os coletores de deriva foram fios de polietileno com 1,98 mm de diâmetro, sendo utilizados dez fios para cada repetição. Os resultados encontrados foram uma variação para os valores de deriva conforme o tipo de ponta utilizada, pressão e adjuvante pulverizado, pois, esses elementos influenciaram no tamanho da gota gerada na pulverização.

Em trabalho realizado por Derksen et al., (1999) em túnel de vento com uma área de trabalho de 0,61 m de largura, 0,91 m de altura e 3,7 m de comprimento, com ventilador localizado a 4,5 m do final da seção de trabalho e com uma velocidade de operação de 5 m s^{-1} , utilizando pontas de pulverização do tipo TD, TT e XR colocadas a uma

altura de 0,45 m do chão do túnel, constataram que as pontas XR produziram uma maior quantidade de deriva quando comparada aos outros tipos de pontas avaliadas neste estudo.

Fietsam et al., (2004) descreveram um túnel de vento construído para trabalhos específicos na área da agricultura, com dimensões de 1,2 m de altura, 1,2 m de largura e 4,9 m de comprimento. Nessa pesquisa foram utilizadas pontas do tipo XR, TT, DG e AI colocadas a uma altura de 0,46 m do piso do túnel e com velocidade do vento de $4,5 \text{ m s}^{-1}$. Os resultados para deriva mostraram que há uma variação da quantidade de deriva para cada tipo de pontas utilizadas em diferentes tipos de calda que foram utilizadas.

Em outro estudo, Herbst (2001) analisou a interferência na formação de deriva com diferentes pontas de pulverização, pressão e valores de temperatura e umidade relativa do ar em túnel de seção fechada, de 32 m de comprimento, com velocidade do vento de 2 m s^{-1} . Neste trabalho foi traçado um perfil da velocidade das gotas a 2 m de distância das pontas de pulverização, mostrando a importância de ensaios em túnel de vento para gerar dados confiáveis e assim poder determinar zonas de proteção “Buffer Zone”, onde é possível evitar a contaminação ambiental pela deriva.

Guler et al., (2006) testando três tipos de pontas de pulverização (XR, AI e AIS) divididas em três grupos de tamanho de orifícios (pequeno, médio e grande) em túnel de vento de 3,7 m de comprimento, 0,61 m de largura e 0,91 m de altura, com duas velocidades de vento ($2,5$ e $5,0 \text{ m s}^{-1}$), coletaram a deposição no piso do túnel e a pulverização em suspensão no interior de túnel e demonstraram que os tipos de pontas e a velocidade do vento influenciaram diretamente na deposição e na deriva das pulverizações.

Em estudos de Wolf (2002) em túnel de vento com seção de 17,68 m de comprimento, 1,52 m de largura e 1,93 m de altura, com velocidade do vento de $4,6 \text{ m s}^{-1}$, utilizou um dossel de plantas artificiais de 0,25 m de altura no piso do túnel, para avaliar a quantidade de deriva formada por 4 tipos de pontas de pulverização, que foi quantificada através da deposição em cartões hidro-sensíveis, os resultados apontaram que existem diferenças significativas de deriva quando se testa diferentes pontas de pulverização em túnel de vento.

Wolf (2003) trabalhando em túnel de vento observou que as pontas com indução de ar apresentam menor cobertura, porém, menor deriva. Wolf (2004) testando diversos tipos de pontas demonstrou que as pontas com indução de ar (AI) apresentaram

diferenças em relação às pontas XR na cobertura dos cartões hidro-sensíveis instalados no piso do túnel, o que permite analisar uma maior deriva para as pontas XR em comparação as pontas de indução de ar.

Moreira Junior (2009) desenvolveu um túnel de vento de circuito aberto e seção de teste fechada, com sistema acionador do tipo soprador e dimensões de 4,8 m de comprimento, 0,56 m de largura e 0,56 m de altura e com fluxo de vento de $2,0 \text{ m s}^{-1}$. A ponta de pulverização utilizada no ensaio foi a XR 8003 a uma pressão de 2 bar e foram testadas 3 caldas, sendo uma composta somente por água, outra com água e um surfactante a base de nonilfenol e a terceira com água e um redutor de deriva a base de polímero. Nas três caldas foi adicionado o corante azul brilhante que possibilitou a posterior leitura óptica de absorbância em espectrofotômetro UV-visível. Os coletores de deriva utilizados foram fios de polietileno de 2,0 mm de diâmetro e 0,56 m de comprimento, estes foram posicionados em 18 pontos do túnel, os resultados possibilitaram o autor a concluir que a variação das caldas interfere diretamente na deriva produzida pela ponta de pulverização testada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado 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.

3.1 Tratamentos

As Tabelas 2 e 3 trazem as descrições dos adjuvantes e das pontas utilizadas no ensaio e as respectivas abreviaturas utilizadas para identificar os tratamentos. O experimento foi conduzido com 12 tratamentos (combinação de fatores), com 3 repetições (Tabela 4).

O experimento foi realizado em laboratório com as condições climáticas monitoradas durante a execução de cada tratamento, respeitando as condições ideais limites de umidade relativa do ar acima de 55% e temperatura ambiente abaixo de 30° C.

Tabela 2. Descrição e abreviaturas dos adjuvantes utilizados para quantificação de deriva em túnel de vento e análise do espectro de gotas.

Nome comercial	Composição (es)	Fabricante	g L ⁻¹	Abreviações
Óleo Vegetal emulsionável*	Óleo Vegetal	-	-	OV
Nimbus	Hidrocarbonetos alifáticos (Óleo Mineral)	Syngenta	428	NB
Li 700	Mistura de fosfatidocolina (Lecitina) e Ácido propiônico	De Sangosse Agroquímica	712,88	LI
In-Tec	Nonil fenol etoxilado	Inquima	124,4	IT

* Produto codificado fornecido pela Stoller do Brasil, cujas concentrações de óleo e emulsificantes não foram informadas.

Tabela 3. Descrição das pontas utilizadas no experimento.

Tipo de ponta	Nome comercial	Modelo	Pressão (kPa/bar)	Classe de gotas*	Abreviatura
Jato plano com pré-orifício	Drift Guard	DG 8003 VS	400/4	Médias	DG
Jato plano com indução de ar	Air Induction	AI 8003 VS	400/4	Muito grossas	AI

* segundo norma ASAE S572 (informação do fabricante).

Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Produtos	Concentração na calda (v v ⁻¹)	Tipos de ponta
T1	Óleo vegetal emulsionável	0,20%	DG
T2	Óleo vegetal emulsionável	0,60%	DG
T3	Óleo vegetal emulsionável	1,00%	DG
T4	Hidrocarbonetos alifáticos (Óleo Mineral)	0,50%	DG
T5	Mistura de fosfatidocolina (Lecitina) e Ácido propiônico	0,15%	DG
T6	Nonil fenol etoxilado	0,0625%	DG
T7	Óleo vegetal emulsionável	0,20%	AI
T8	Óleo vegetal emulsionável	0,60%	AI
T9	Óleo vegetal emulsionável	1,00%	AI
T10	Hidrocarbonetos alifáticos (Óleo Mineral)	0,50%	AI
T11	Mistura de fosfatidocolina (Lecitina) e Ácido propiônico	0,15%	AI
T12	Nonil fenol etoxilado	0,0625%	AI

3.2 Análise dos dados

Foram realizadas avaliações das interações entre os fatores (pontas x adjuvantes) e correlações entre as variáveis do espectro de gotas com o percentual de deriva em túnel de vento, utilizando o coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade. Os resultados dos tratamentos foram comparados pelo Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias, ao nível de 95% de probabilidade (IC95%).

3.3 Análises do espectro de gotas

A partir da metodologia descrita por Camara et al., (2008) o espectro de gotas foi determinado utilizando-se um equipamento analisador de partículas em tempo real Mastersizer S (Malvern Instruments). Com base na técnica de difração do raio laser o equipamento mensura o tamanho das partículas que são formadas pelas gotas da pulverização, através do desvio da trajetória do mesmo ao atingir estas partículas. Este desvio do laser é inversamente proporcional ao tamanho da partícula, ou seja, quanto menor é a partícula, maior é o grau de difração sofrido pelo raio laser (ETHERIDGE et al., 1999).

O equipamento é composto por um feixe de raio laser de 10 mm de diâmetro, comprimento de onda de 670 nm, lente focal de 200 mm e uma ponte óptica de base longa. O equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm (lente 300 mm) e interligado com um computador central que armazena os dados analisados por meio do software Mastersizer-S v.2.19. Cada leitura do laser é realizada a cada 2 milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo (CAMARA et al., 2008).

O equipamento conta com um exaustor (tipo coifa) que fica localizado sobre o Mastersizer para retirar as partículas em suspensão, evitar deposições sobre a lente do aparelho ou duplas leituras do laser, impedindo assim o comprometimento da exatidão da análise (FERREIRA et al., 2007).

As variáveis que são obtidas com as análises realizadas por este equipamento são: $DV_{0,1}$ (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), $DV_{0,5}$ (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), $DV_{0,9}$ (diâmetro de gota tal que representa que 90% do volume pulverizado é de tamanho

menor que esse valor de diâmetro de gota) e o percentual do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm . A variável amplitude relativa foi determinada pela equação 1.

$$\textit{Amplitude Relativa} = \frac{DV_{0,9} - DV_{0,1}}{DV_{0,5}} \quad \text{Equação 1}$$

onde,

$DV_{0,9}$ – Diâmetro de 90% do volume acumulado

$DV_{0,1}$ - Diâmetro de 10% do volume acumulado

$DV_{0,5}$ - Diâmetro de 50% do volume acumulado

A pressão utilizada no ensaio foi constante de 400 kPa (4 bar), fornecida por um sistema de ar comprimido, que foi controlado com um regulador de pressão com precisão aproximada de 7 kPa (0,07 bar). Para que o jato de pulverização atravessasse transversalmente o laser durante as leituras do aparelho foi utilizado um oscilador, que movimentava a ponta, possibilitando assim uma amostragem de todo o jato pulverizado (Figura 6).



Figura 6. Analisador de partículas Mastersizer e o detalhe da localização e do sentido de movimentação da ponta de pulverização.

O volume de calda preparado foi de dois litros para cada tratamento, sendo a mistura realizada em balões volumétricos. As soluções foram preparadas momentos antes de serem pulverizadas, para que fosse evitada qualquer interferência do tempo entre o preparo e a utilização da calda na estabilidade física e química destas, além de serem agitadas antes de serem pulverizadas para uma melhor homogeneização. As pontas foram analisadas a 40 cm de altura em relação à passagem do feixe de laser sendo as condições de aplicação iguais para todos os tratamentos realizados.

3.4 Análise do risco de deriva em túnel de vento

O percentual de deriva foi analisado em condições controladas em um túnel de vento (MOREIRA JUNIOR, 2009), o qual tem 4,8 m de comprimento e secção transversal de 0,56 m x 0,56 m, com área útil de aproximadamente 0,31 m² e o comprimento da secção de testes de 2,5 m (Figura 7).

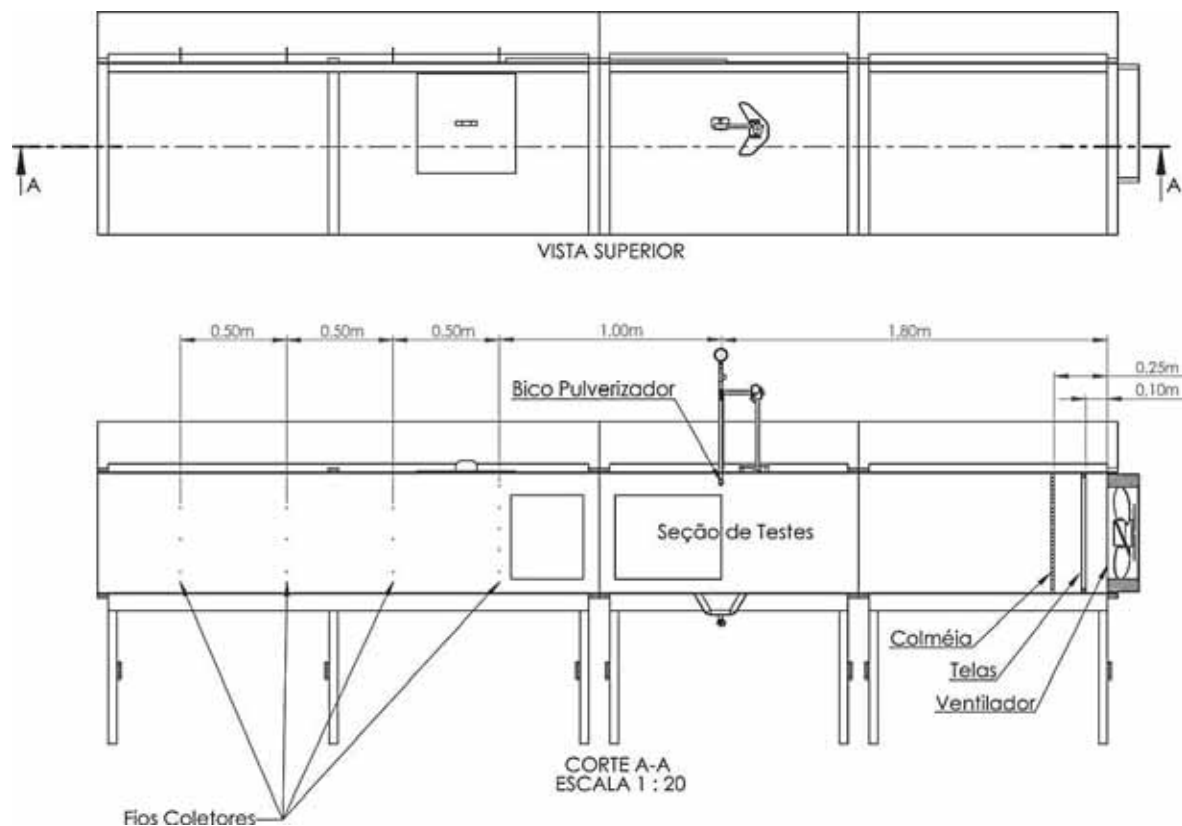


Figura 7. Vista superior e lateral do túnel de vento com detalhes e distâncias das suas principais partes (adaptado de Moreira Júnior, 2009).

O sistema de pulverização foi composto por um reservatório de aço inox com capacidade de 15 litros, onde as caldas testadas foram armazenadas e pressurizadas por um cilindro de gás comprimido (CO_2). O sistema ainda dispunha de uma válvula anti-gotejo e um bico, composto de capa, anel de vedação, filtro (malha 50) e a ponta de pulverização a ser avaliada. O sistema ainda era composto por três manômetros, dois monitoravam a pressão de trabalho e um a pressão interna do gás no cilindro: na saída do cilindro de ar comprimido ficavam localizados dois deles e outro antes do conjunto do bico pulverizador (Figura 8). O controle do fluxo de calda era realizado manualmente através de uma válvula de abertura e fechamento tipo esfera. A ponta de pulverização era posicionada dentro do túnel de vento através de um orifício na parte superior, a uma altura de 0,44 m em relação ao piso do túnel, e foi anexada a um suporte tipo tripé com graduação, onde era possível posicioná-lo durante os testes de maneira desejada, para que o jato da pulverização chegasse ao piso do túnel de vento aberto.



Figura 8. Sistema utilizado para as aplicações em túnel de vento. À esquerda reservatório de calda e cilindro de CO₂ (em vermelho), à direita local de posicionamento da ponta de pulverização e suporte tipo tripé.

Para a formulação das caldas de pulverização, foi utilizada água destilada à temperatura ambiente, e para todos os tratamentos foi utilizado o corante (traçador) artificial para fins alimentício Azul Brillhante FCF do fabricante Sensient Colors/USA na concentração de 0,6% v v⁻¹. A pesagem do corante foi realizada em balança de precisão de 0,0001 gramas da marca BEL, modelo 210A. A balança foi ligada e após 30 minutos as pesagens foram efetuadas. Este processo foi adotado para que os circuitos da balança entrassem em equilíbrio térmico, diminuindo assim possíveis erros de flutuações das medidas realizadas (Figura 9).

Esse corante apresenta baixa toxicidade e é um produto altamente solúvel em água. Trabalhos com esse corante foram realizados por Derksen et al., (1999); Paladini (2000); Moreira Junior (2009) e Oliveira (2011), com bons resultados nos respectivos experimentos para medidas de deposição.



Figura 9. Pesagem do corante adicionado em todos os tratamentos.

Os coletores utilizados no ensaio foram dispostos no túnel de acordo com Oliveira (2011) e estão representados nas Figuras 10 e 11.



Figura 10. Imagem demonstrando a disposição dos fios coletores, alturas e distâncias na seção de testes, em relação ao piso do túnel e a ponta de pulverização, respectivamente.

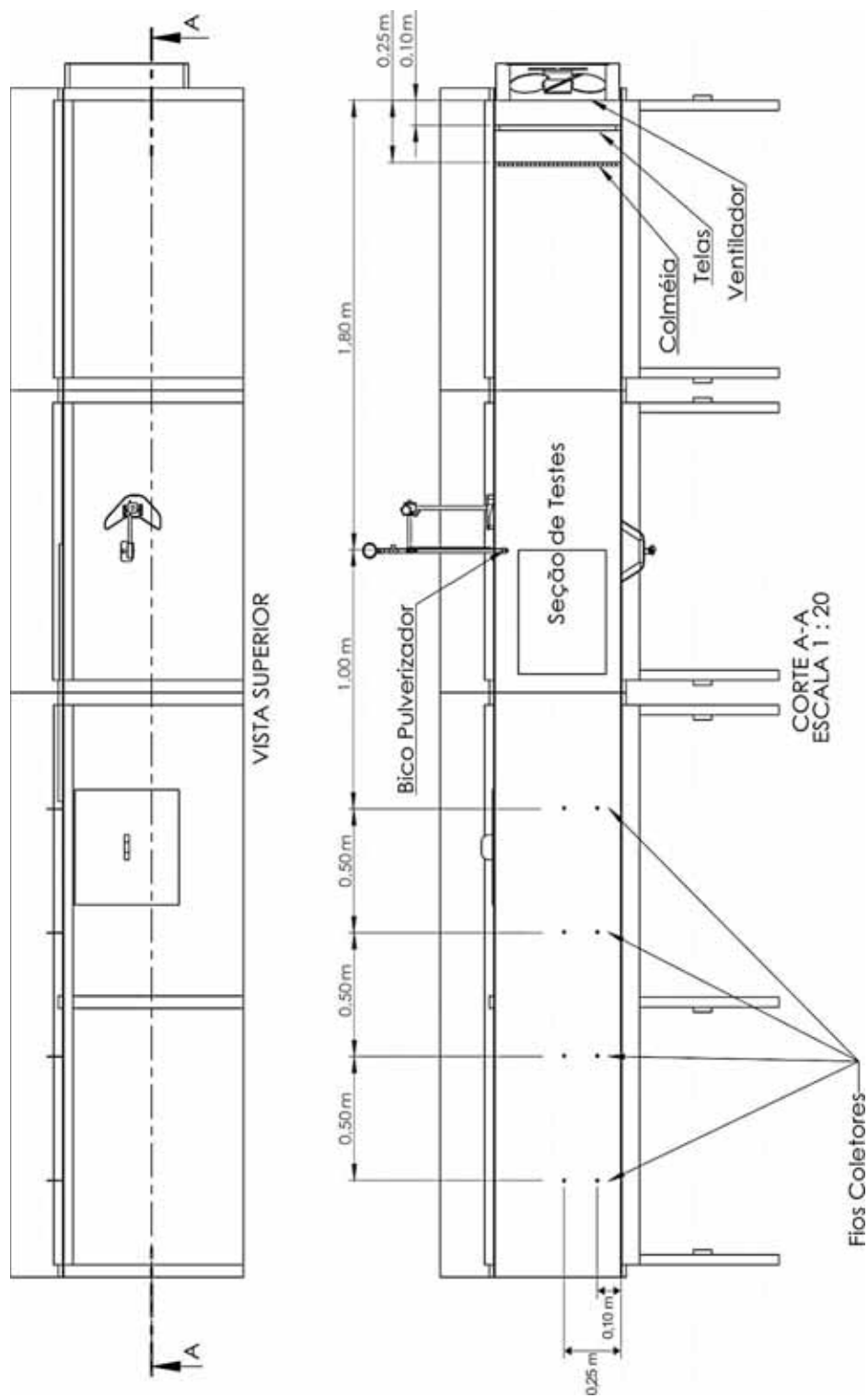


Figura 11. Desenho da parte superior do túnel, demonstrando uma visão geral do equipamento, e da parte lateral do túnel, em detalhe as distâncias e as alturas dos oito fios coletores (Adaptado Moreira Junior, 2009).

O fluxo de ar foi mantido na velocidade de 2 m s^{-1} , segundo metodologia descrita por Moreira Junior (2009). Cada aplicação era efetuada durante 10 segundos, determinado por meio de um cronômetro digital e o fluxo da pulverização ocorreu pela abertura e fechamento da válvula tipo esfera de forma manual. Após o desligamento do ventilador foram aguardados 5 minutos, tempo estimado para total estabilização do ambiente dentro da seção de testes e fixação das gotas depositadas nos fios coletores de polietileno.

Os fios coletores foram retirados do túnel de acordo com a distribuição na seção de testes com o auxílio de quatro pessoas, sendo uma para a retirada dos fios coletores do interior do túnel, com o auxílio de dois alicates, outras duas pessoas para efetuar os cortes nos fios do lado externo do túnel e uma para acondicionar os fios em sacos plásticos transparentes devidamente identificados. Posteriormente, esses sacos plásticos foram acondicionados no interior de outros sacos plásticos, de cor escura, para uma maior proteção das amostras contra umidade e luminosidade.

Para a etapa de lavagem dos fios coletados, foram adicionados 15 mL de água destilada dentro dos sacos plásticos transparentes, que acondicionavam os fios e estes foram agitados manualmente até total remoção do corante presente nas amostras. A medida de água adicionada para a lavagem das amostras foi realizada por meio de um dispensador com precisão de 0,01 mL. Após essa etapa, o líquido foi colocado em recipientes de plástico de 100 mL, também devidamente identificados e com tampas (Figura 12).



Figura 12. Lavagem dos fios coletores, detalhe para saco e recipiente plásticos identificados.

Os líquidos armazenados nos recipientes plásticos foram analisados em um espectrofotômetro modelo UV-1601PC, marca Shimadzu. Os resultados em absorbância para o corante Azul Brilhante foram analisados em 630 nm de comprimento de onda, que foram transformados em ppm por meio de confecção de curvas-padrão a partir de concentrações conhecidas, coletadas das caldas que compuseram os tratamentos. Os depósitos provenientes de cada posição de coleta no túnel de vento foram avaliados individualmente, possibilitando representar a distribuição dos tratamentos analisados em toda a seção de testes, conforme Moreira Júnior (2009) e Oliveira (2011).

Foram realizadas análises dos depósitos ao longo das distâncias e das alturas em que os fios foram coletados e também do depósito total de cada tratamento testado pela soma das porcentagens do corante nos oito fios coletores através da porcentagem média nas três repetições. Esses dados foram transformados em percentual de deriva através da concentração do corante (em partes por milhão) que era recolhido nos fios coletores após cada tratamento pulverizado, já que a concentração inicial de corante era conhecida.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Espectro de gotas

4.1.1 Diâmetro mediano volumétrico (DMV)

Os resultados de diâmetro mediano volumétrico para a ponta com pré-orifício (DG) estão apresentados na Figura 13. Os valores médios de DMV para os tratamentos aplicados com a ponta DG variaram entre 205 a 230 μm . Na comparação com o tratamento NB (0,5%), todos os demais proporcionaram aumento no DMV, sendo que apenas o IT (0,0625%) não diferiu significativamente do NB (0,5%) pelo IC95%. O maior valor foi para o tratamento com LI (0,15%) não diferindo estatisticamente para os tratamentos OV (0,6%), OV (0,2%) e OV (1,0%). Assim como descrito por Oliveira (2011) e Mota (2011), os adjuvantes proporcionaram alterações no espectro de gotas, modificando o DMV gerado pelas pontas de pulverização. Neste sentido, os resultados de trabalho realizado por Sanderson et al., (1997), testando formulações de herbicida com mistura de adjuvantes em aplicação aérea,

demonstram que a adição de óleos vegetais aumentou o DMV das gotas, porém, não apresentou diferença significativa aos demais tratamentos testados com outros tipos de adjuvantes. Do mesmo modo, Cunha et al., (2003a) avaliando espectro de gotas, detectou aumento significativo do DMV ao adicionar adjuvante de óleo vegetal a calda de pulverização, diminuindo assim as gotas com maior possibilidade de sofrerem deriva.

Observou-se diferença significativa entre OV (0,6%) e OV (1,0%) pelo IC95%, porém, o tratamento OV (0,2%) não apresentou diferença para os demais. Oliveira (2011), avaliando o DMV de pontas XR 8003 em função do aumento da concentração de 12 adjuvantes (produtos comerciais ou não), detectou que somente 16% dos mesmos proporcionam aumento do DMV (resultando em menor potencial risco de deriva) proporcional ao aumento da concentração do produto à calda. A partir dos resultados obtidos neste trabalho, foi possível observar que a presença de óleo vegetal na calda, independente de sua concentração, alterou o DMV, fato que comprova a influência das emulsões no espectro de gotas geradas nas pontas de pulverização hidráulica, conforme descrito por Miller e Butler Ellis (2000).

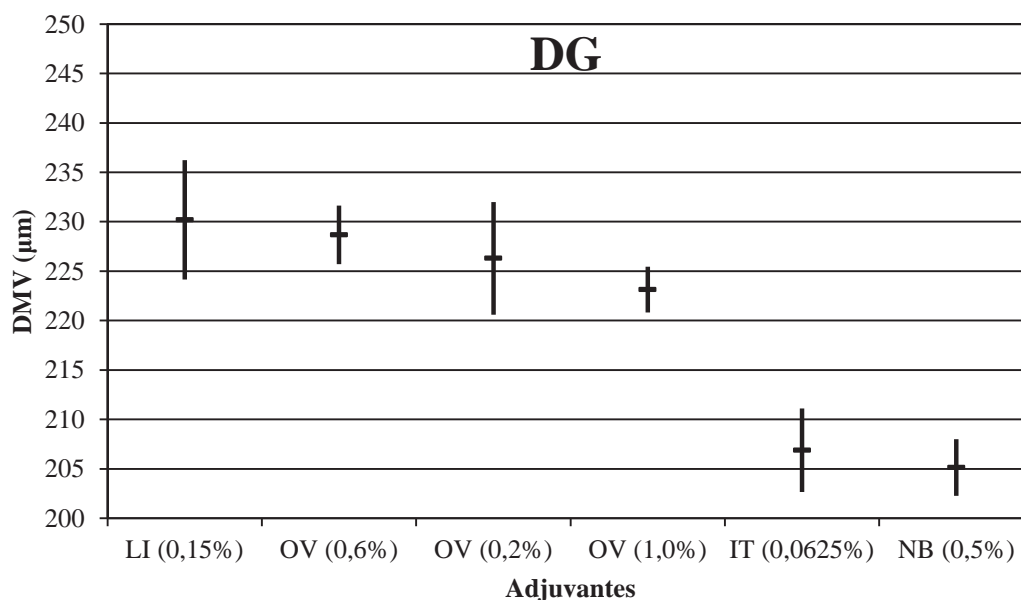


Figura 13. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos, para a ponta de jato plano com pré-orifício (DG). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Os valores médios de DMV para os tratamentos aplicados com a ponta AI (Figura 14) variaram entre 278,5 a 605,5 μm , mostrando uma diferença significativa na comparação direta com o DG (205 a 230 μm). Este fato comprova o posicionamento da ponta AI como uma técnica de redução de deriva. De maneira oposta à ponta DG, na ponta AI a maioria dos adjuvantes reduziram o DMV na comparação direta com o NB (0,5%), sendo que apenas o IT (0,0625%) e o OV (0,2%) apresentaram DMV maiores do que o NB (0,5%). É importante ressaltar que o tratamento IT (0,0625%) apresentou DMV superior a todos os tratamentos, aumentando o DMV em 43% em relação ao tratamento com óleo mineral (0,5%). Cunha et al., (2010) também observaram valores elevados de DMV para a combinação de ponta de indução de ar e adjuvantes a base de nonil fenol etoxilado.

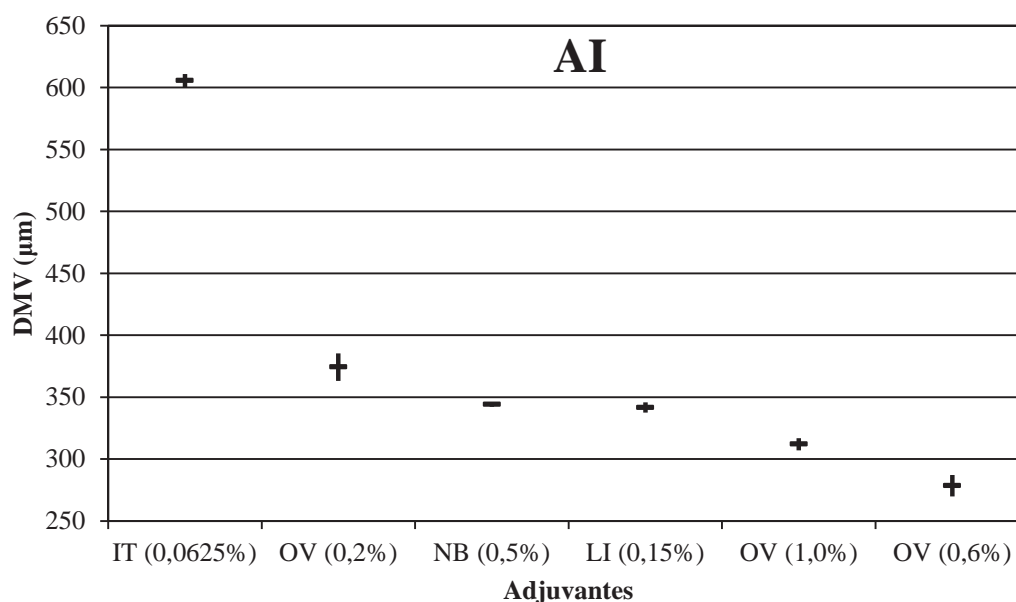


Figura 14. Valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) dos diferentes tratamentos, para a ponta de jato plano com indução de ar (AI). Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Em geral, a ponta com indução de ar apresentou DMV superior em relação à ponta com pré-orifício, alcançando valor 48% maior no tratamento LI (0,15%). Em

estudo de Etheridge et al., (1999), o mesmo comportamento foi observado para as pontas com indução de ar quando comparadas a pontas de jato plano convencionais. Miller e Butler Ellis (2000) estudando características da pulverização resultante do efeito das formulações chegaram a conclusão de que as pontas com indução de ar são mais sensíveis às mudanças das características físicas das caldas e que seu comportamento não segue um mesmo padrão em relação as pontas hidráulicas convencionais.

O DMV com ponta de indução de ar para surfatante a base de nonil fenol etoxilado IT (0,0625%) foi 193% maior em relação ao DMV da ponta com pré-orifício para este mesmo adjuvante. Segundo Miller e Butler Ellis (2000), a utilização de surfatantes com as pontas de indução de ar aumentou o DMV das gotas comparando tratamentos com adição de óleo vegetal. Esse resultado pode ser relacionado ao projeto da ponta com indução de ar ser baseada em pontas formadoras de espuma (PIGGOTT; MATTHEWS, 1999), o que é facilitado pelas características do surfatante. Ainda os autores afirmam que nem todas as pontas com indução de ar responderam da mesma forma, e completam que é necessária a realização de mais trabalhos para melhor compreender o funcionamento desse tipo de ponta.

4.1.2 Porcentagem do volume de gotas com DMV menor que 100 µm (%vol.<100 µm)

Segundo Matthews (2000); Cunha et al., (2003a) gotas com diâmetros menores que 100 µm apresentam um elevado potencial de deriva. Ainda, Cunha (2003b) ressalta que apesar dessas gotas serem biologicamente mais eficazes, ações para que se reduza tal porcentagem de gotas devem ser buscadas para a minimização do risco de deriva.

Os valores médios de %vol.<100 µm para os tratamentos aplicados com a ponta DG (Figura 15) variaram entre 10,9 e 14,2%. Na comparação com o tratamento NB (0,5%), todos os tratamentos ocasionaram redução desse percentual, indicando potencial para a redução do risco de deriva. Em geral os tratamentos puderam ser divididos em dois grupos que apresentaram diferenças significativas entre si pelo IC95%. No primeiro grupo (maiores valores) ficaram os tratamentos NB (0,5%), IT (0,0625%) e OV (1,0%), sem diferenças significativas entre si, e outro grupo com valores menores para os tratamentos OV

(0,2%), OV (0,6%) e LI (0,15%). Resultados apresentados por Mota (2011), avaliando a ponta DG 11003 para um adjuvante a base de nonil fenol etoxilado, apresentou valor de 13% para o %vol.<100 μm , resultado semelhante ao encontrado neste trabalho, que foi de 13,64%.

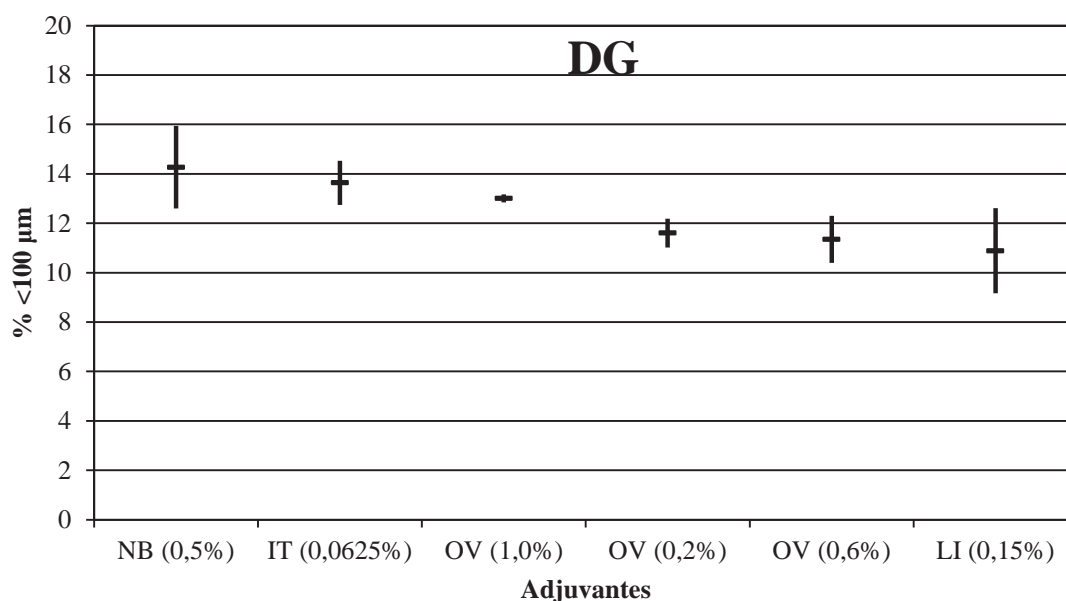


Figura 15. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (%vol.<100 μm), para diferentes caldas, de acordo com a ponta de pulverização DG. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Comparando os valores de 10,9% e 13,7% na ponta com pré-orifício (DG) para os tratamentos com LI (0,15%) e IT (0,0625%), é possível notar uma redução de 20% com a alteração dos adjuvantes para uma mesma ponta. Em trabalho avaliando a mesma variável, mais com pontas diferentes, Butler Ellis et al., (1997) encontraram valores que reduziram de 3,6% para 1,6% a %vol.<100 μm para o adjuvante com mistura de fosfatidocolina (lecitina) e ácido propiônico (0,5%) em relação a um surfatante a base de nonil fenoxi (0,1%), mostrando assim uma redução de 44% nessa variável. Oliveira (2011) utilizando a ponta XR 8003 encontrou uma redução de 43% para o adjuvante LI (0,5%) em relação a um adjuvante a base de nonil fenoxi na concentração de 0,1%.

Para os tratamentos com os óleos vegetais, a mesma característica encontrada para o parâmetro DMV foi notada para a variável %vol.<100 μm , não havendo padrão de comportamento definido em relação à concentração.

Os valores médios de %vol.<100 μm para os tratamentos aplicados com a ponta AI (Figura 16) variaram entre 3,8 a 11,8%. Na comparação com o tratamento NB (0,5%), todos os tratamentos ocasionaram aumento desse percentual, indicando potencial para aumento do risco de deriva, com exceção do tratamento IT (0,0625%), onde o comportamento foi inverso. O tratamento IT (0,0625%) apresentou o menor valor para essa variável (3,8%), correspondendo à tendência analisada no DMV, onde esse tratamento apresentou o maior valor. Houve uma redução de 211% para a %vol.<100 μm , no IT (0,0625%), em relação ao tratamento com óleo vegetal (0,6%), que foi de 11,77%.

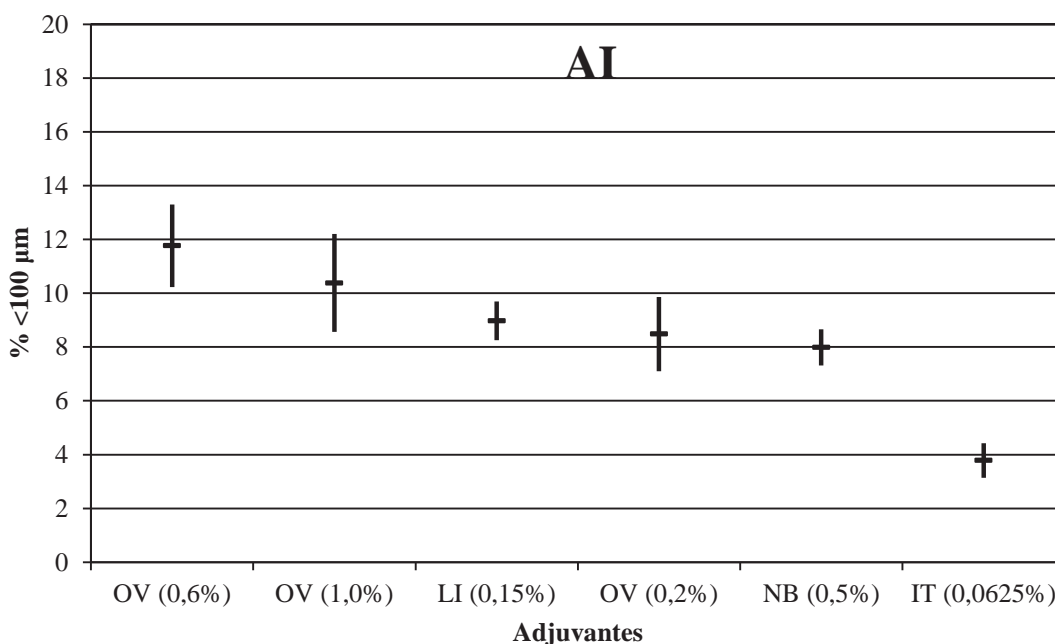


Figura 16. Porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm (%vol.<100 μm), para diferentes caldas, de acordo com a ponta de pulverização AI. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

Em geral, a partir dos resultados da análise do DMV e do %vol.<100 μm , a ponta DG 8003 apresentou um espectro de gotas mais sujeito a deriva em

relação à ponta de pulverização com indução de ar (AI 8003), tanto pelos valores de DMV quanto pelos valores de %vol.<100 µm, necessitando assim de um maior critério para utilização em relação a fatores climáticos. Neste sentido, Cunha et al., (2010) afirmaram não haver um valor-padrão indicativo para o risco de deriva ou para uma aplicação segura, porém, Cunha et al., (2003a) afirmaram que em geral valores inferiores a 15% do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm são mais adequados a uma aplicação segura.

4.1.3 Amplitude relativa (AR)

Os valores médios de AR para os tratamentos aplicados com a ponta DG (Figura 17) variaram entre 1,47 a 1,60. Na comparação com o tratamento NB (0,5%), todos os tratamentos ocasionaram aumento da amplitude relativa, indicando potencial para redução da qualidade do espectro de gotas, com maior variação no tamanho médio das gotas do espectro gerado. O maior valor foi encontrado para OV (1,0%), não diferindo estatisticamente dos tratamentos OV (0,2%), IT (0,0625%), OV (0,6%) e LI (0,15%). Mota (2011) encontrou valores semelhantes com a ponta DG 11003, onde o menor valor também foi encontrado para o óleo mineral (1,41).

Os valores médios de AR para os tratamentos aplicados com a ponta AI (Figura 18) variaram entre 1,87 a 3,10, mostrando uma diferença significativa na comparação direta com a DG (1,47 a 1,60). Estes resultados mostram que a ponta AI proporciona espectro de qualidade inferior ao da ponta DG, independente do tipo de adjuvante. Ainda, destaca-se o tratamento com óleo vegetal (0,6%), que apresentou o maior resultado para AR, característica indesejável para essa variável. Neste sentido, Matthews (2000) descreve que a variável Amplitude Relativa expressa a variação do tamanho de gotas, fazendo uma relação com o diâmetro mediano volumétrico, e quanto maior for o seu valor maior será a variação do tamanho das gotas, e quanto menor for o valor mais homogêneo será o espectro de gotas.

Segundo Cunha et al., (2010) à medida que se quer aumentar a qualidade das pulverizações é necessário exigir mais do desempenho das pontas de

pulverização, destacando em especial a homogeneidade do espectro de gotas. Ainda os autores afirmam sobre a importância da análise conjunta do DMV e da Amplitude Relativa, já que o diâmetro mediano volumétrico fornece um valor referencial sem indicar a dispersão dos dados, sendo assim mais precisa a avaliação dos efeitos dos adjuvantes no tamanho de gotas e na uniformidade do espectro de gotas.

Assim como nas demais características do espectro, não foram observadas características de proporcionalidade entre a concentração de óleo vegetal e a AR para as pontas DG e AI. Ainda, na comparação com o tratamento NB (0,5%), todos os tratamentos ocasionaram aumento da amplitude relativa (com exceção do OV 0,2%, do qual não diferiu pelo IC95%), indicando potencial para redução da qualidade do espectro de gotas, com maior variação no tamanho médio das gotas do espectro gerado.

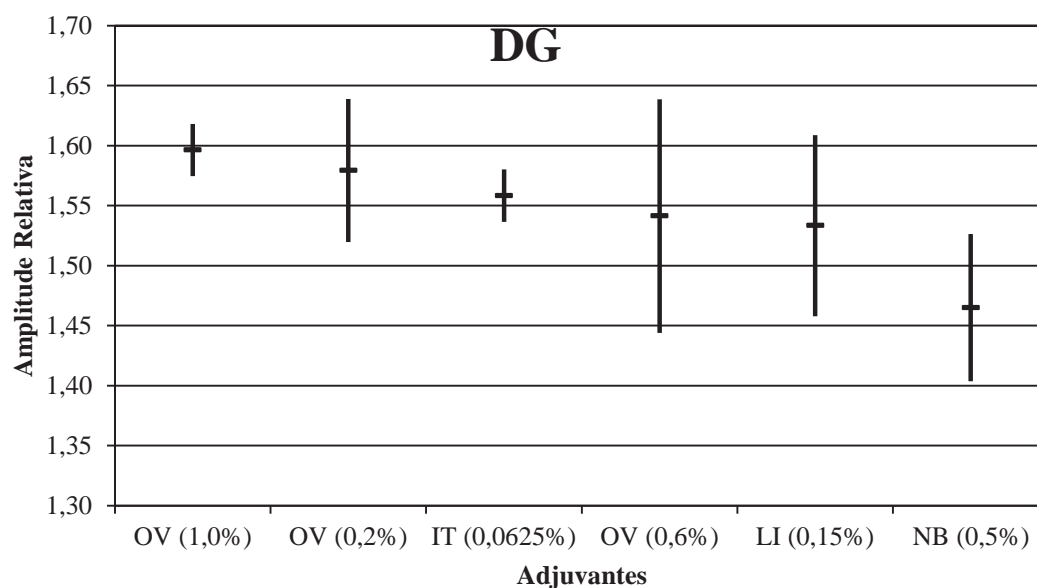


Figura 17. Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas, de acordo com a ponta de pulverização DG. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

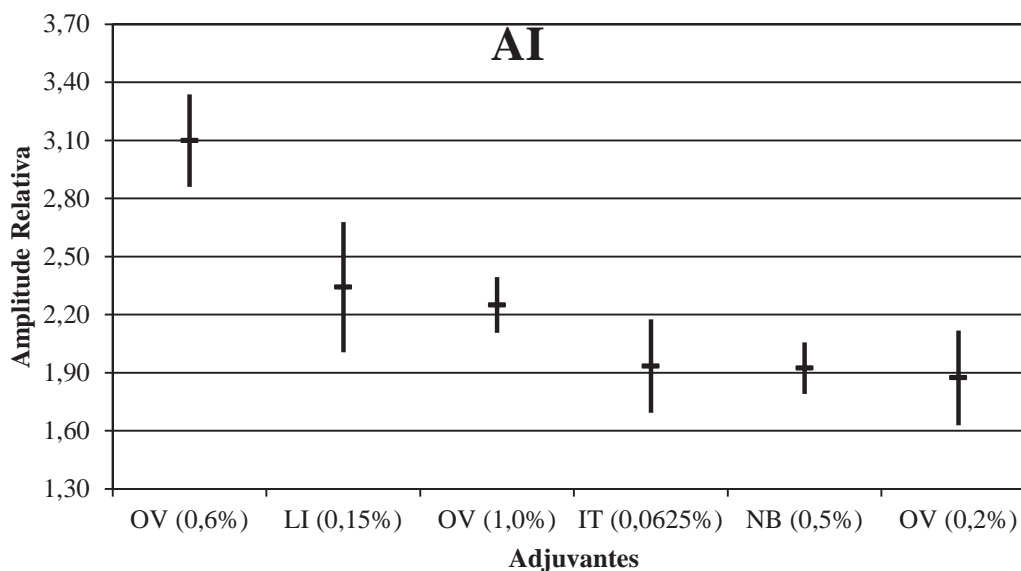


Figura 18. Valores de Amplitude Relativa, para diferentes caldas, de acordo com a ponta de pulverização AI. Para a comparação dos resultados, os traços horizontais representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 95%.

4.2 Deriva em túnel de vento

Os valores médios de deriva (%) para os tratamentos aplicados com a ponta DG (Figura 19) variaram entre 0,046 a 0,17%. Na comparação com o tratamento NB (0,5%), todos os tratamentos ocasionaram aumento do valor médio de deriva, indicando potencial para aumento no risco de deriva da aplicação. A única exceção foi o tratamento OV (1,0%) que proporcionou menor deriva na comparação com o NB (0,5%). Observa-se que a maior deriva foi encontrada para o tratamento com o surfatante a base de nonil fenol etoxilado (IT a 0,0625%), apresentando diferença significativa para todos os demais tratamentos, seguido do tratamento OV (0,6%) que não apresentou diferença somente para o tratamento LI (0,15%). Essa característica era esperada devido ao tratamento IT (0,0625%) ter apresentado o menor valor de DMV para essa ponta. Apesar de ser sabido, que quanto menor o valor de DMV maior o potencial de deriva (OLIVEIRA, 2011), a interação entre esses dois fatores não foi significativa, apresentando a independência entre essas duas variáveis.

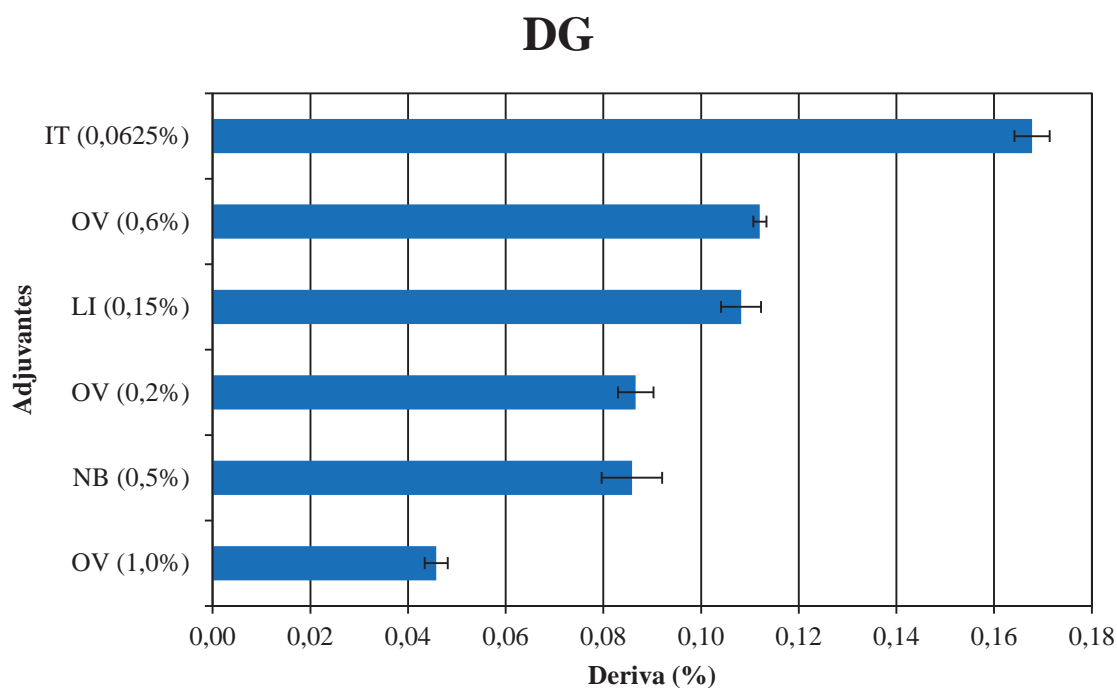


Figura 19. Porcentagem de Deriva (médias \pm IC95%) analisada para os adjuvantes com a ponta de jato plano com pré-orifício (DG).

O menor valor de deriva foi observado para o tratamento OV (1,0%) diferindo dos demais tratamentos. Consta-se também que o tratamento LI (0,15%), produto classificado como redutor de deriva, reduziu esse fator somente em relação ao tratamento IT (0,0625%), sendo importante um maior conhecimento desse produto para uma correta utilização com a ponta DG. Segundo Antuniassi (2006), as características de uma pulverização podem ser alteradas de forma significativa pelo uso de variadas formulações e pela adição de adjuvantes, como a observada neste trabalho, o que muitas vezes passa despercebido.

Os valores médios de deriva (%) para os tratamentos aplicados com a ponta AI (Figura 20) variaram entre 0,026 a 0,052%, mostrando diferenças na comparação direta com o DG (0,046 a 0,17%). Entretanto, é preciso observar que para os tratamentos LI (0,15%), NB (0,5%) e OV (1,0%), os valores de deriva se aproximaram dos valores mínimos encontrados para a ponta DG.

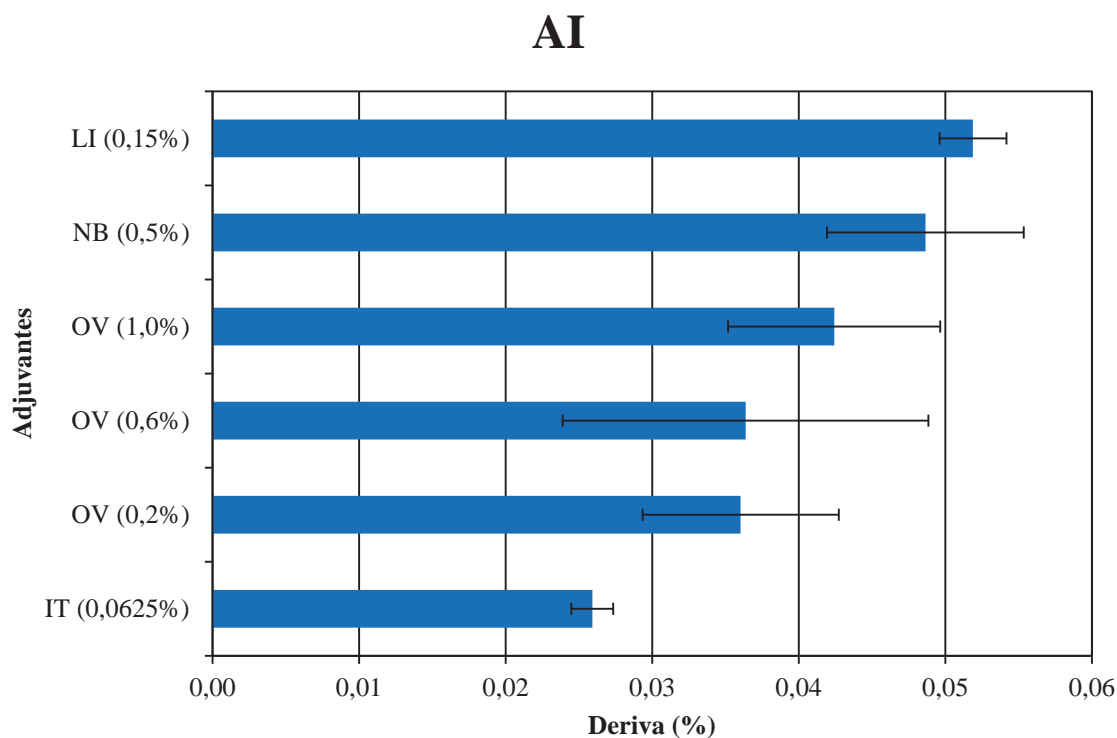


Figura 20. Porcentagem de Deriva (médias \pm IC95%) analisada para os adjuvantes com a ponta de jato plano com indução de ar (AI).

Ainda quanto a ponta AI, na comparação com o tratamento NB (0,5%), todos os demais tratamentos ocasionaram redução do valor médio de deriva, indicando potencial para redução no risco de deriva da aplicação. A única exceção foi o tratamento LI (0,15%) que proporcionou maior deriva na comparação com o NB (0,5%). Neste sentido, o tratamento LI (0,15%) apresentou diferença significativa somente para os tratamentos OV (0,6%), OV (0,2%) e IT (0,0625%).

Costa (2006) avaliando deriva de uma ponta de pulverização com pré-orifício (DG) encontrou redução significativa na deriva gerada pelo tratamento com óleo vegetal (1,0%) quando comparado com óleo mineral (1,0%), na distância de 2 metros em relação à ponta de pulverização. No presente estudo também foi observado esta tendência, ou seja, o tratamento com óleo vegetal (1,0%) reduziu significativamente a deriva quando comparado com o tratamento a base de óleo mineral (NB 0,5%). O mesmo autor, avaliando deriva para a ponta de jato plano com indução de ar (AI) não notou diferença para os

tratamentos com óleo vegetal e óleo mineral nas distâncias de coleta avaliadas. O mesmo resultado foi encontrado no presente estudo, onde os tratamentos com óleo vegetal nas três concentrações avaliadas não apresentou diferença significativa para o tratamento com óleo mineral.

Para efeito de comparação entre as pontas de pulverização utilizadas no experimento, os adjuvantes foram separados em 4 classes (Figura 21), sendo eles, óleo vegetal (OV), onde os valores de deriva foram agrupados numa média para as três concentrações, óleo mineral (NB 0,5%), surfatante (IT 0,0625%) e o redutor de deriva LI (0,15%). Os valores estão apresentados como médias dos índices de deriva determinados no túnel de vento.

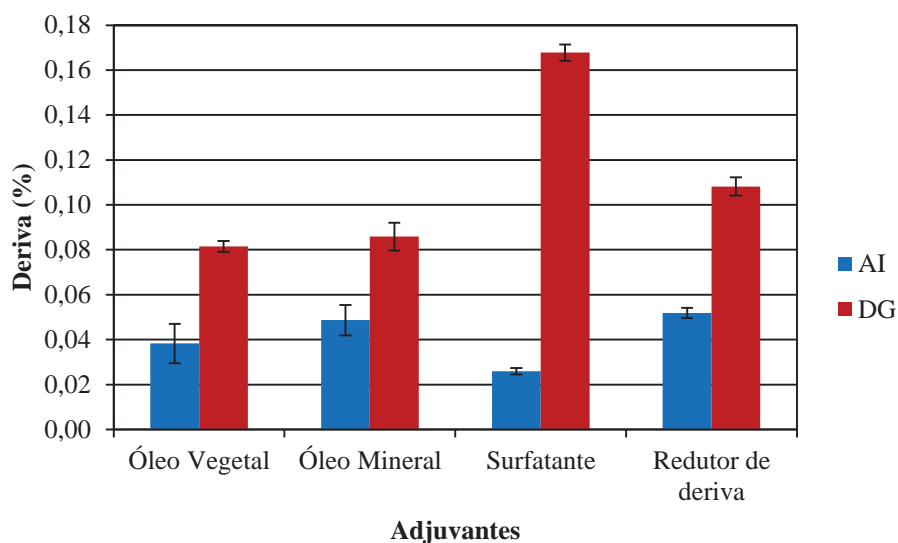


Figura 21. Porcentagem de Deriva (médias \pm IC_{5%}) analisada para os grupos de adjuvantes com as pontas de jato plano com pré-orifício (DG) e indução de ar (AI).

Analisando individualmente a ponta AI, nota-se que a classe surfatante apresentou o menor valor de deriva, com diferença significativa. Já as demais classes analisadas não apresentaram diferença significativa entre si.

Para a ponta DG o menor valor total de deriva foi o encontrado na classe dos óleos vegetais, que não diferiu do óleo mineral. O maior valor total de deriva para a ponta com pré-orifício foi o encontrado para a classe surfatante, diferindo estatisticamente de todas as outras avaliadas.

O surfatante apresentou a maior redução da deriva quando houve a mudança da ponta com pré-orifício para a ponta com indução de ar. Os resultados deste trabalho corroboram com os apresentados por Derksen et al., (1999) e Lund (2000), onde os menores valores de deriva em túnel de vento foram encontrados para as pontas com indução de ar. Com a mesma linha de resultados, em estudo de campo, Nuyttens et al., (2006) encontraram valores reduzidos de deriva para as pontas com indução de ar.

Esses resultados são explicados em trabalho de Miller e Butler Ellis (2000), em que a utilização de surfatantes com pontas de indução de ar promove um aumento do DMV das gotas, reduzindo assim o potencial risco de deriva, porém, efeito contrário é observado quando um surfatante é utilizado com outro tipo de ponta, onde o DMV é reduzido, aumentando o potencial risco de deriva. No mesmos sentido, em estudo de Moreira Júnior (2009) foram encontrados os maiores níveis de deriva para o tratamento com o surfatante, que foi aplicado com uma ponta convencional (XR 8003).

Valores menores na redução da deriva, porém significativos, foram encontrados para as demais classes de adjuvantes, quando se alterou a ponta de jato plano com pré-orifício para a ponta de jato plano com indução de ar. Já na variação do adjuvante e utilizando uma mesma ponta é possível analisar vários níveis de deriva, já que isto ocorre devido à alteração das propriedades físico-químicas das caldas promovidas pelos adjuvantes (SANDERSON et al., 1997; FIETSAM et al., 2004).

O percentual de deriva avaliado conforme as distâncias dos coletores, para as diferentes caldas testadas, com a ponta de jato plano com pré-orifício estão apresentados na Figura 22. Para a ponta DG o menor percentual de deriva em todas as distâncias analisadas foi para o tratamento OV (1,0%) e o maior valor do percentual de deriva foi para o tratamento IT (0,0625%). Com a redução desse percentual quando se compara a menor distância de coleta (1,0 m) em relação à maior distância (2,5 m), observa-se a capacidade do óleo vegetal (1,0%) na redução do percentual de deriva a medida que aumentamos a distância de coleta, notadamente na comparação com o surfactante à base de nonil fenol etoxilado.

Observa-se uma tendência semelhante em todos os tratamentos analisados para a ponta DG, sendo que, o aumento da distância de coleta em relação à ponta de pulverização proporciona uma diminuição da percentagem de deriva. Esse mesmo

comportamento foi analisado em estudos de túnel de vento por Lund (2000), Costa (2006), Moreira Júnior (2009) e Oliveira (2011).

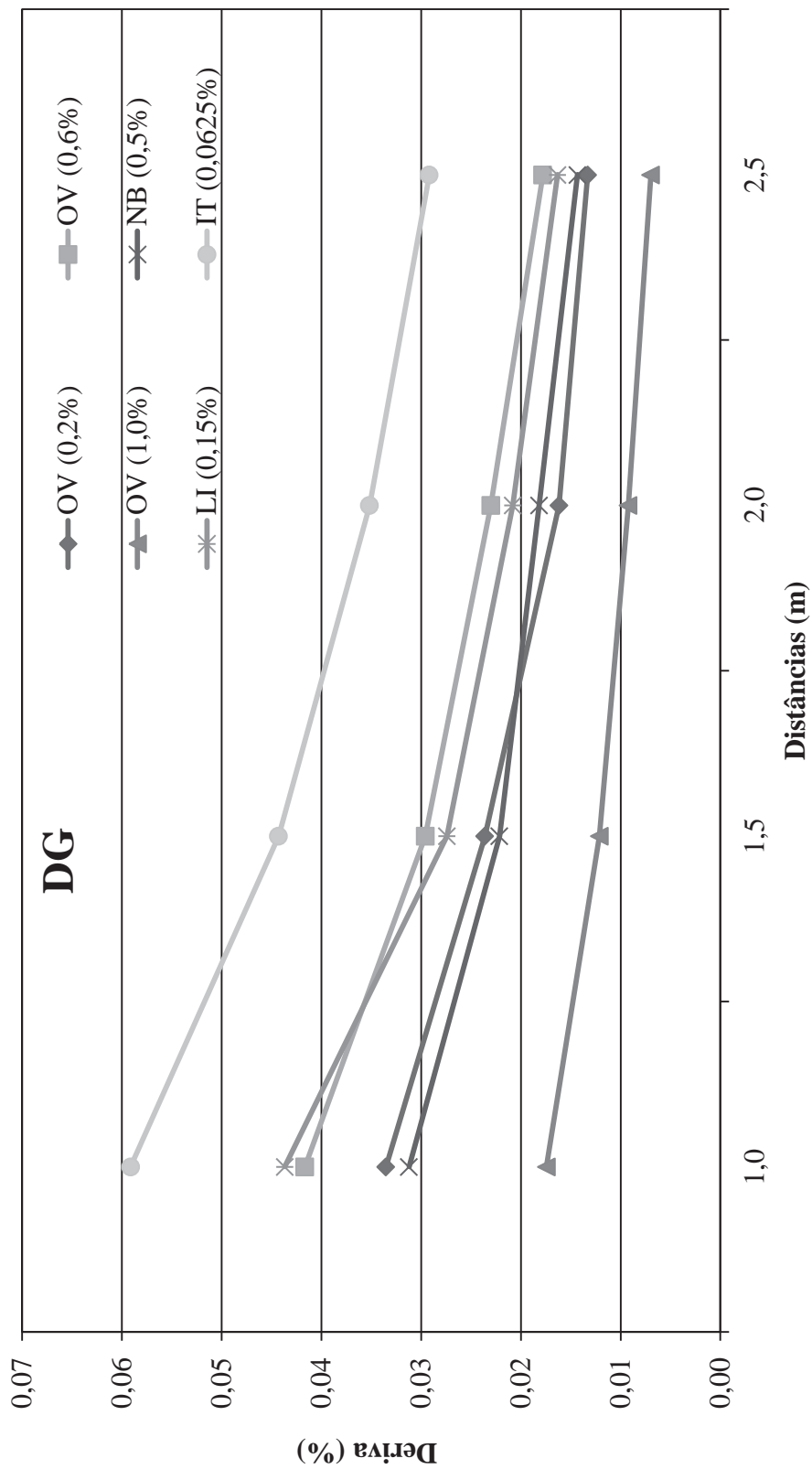


Figura 22. Porcentagem de Deriva para os tratamentos, na ponta de jato plano com pré-orifício (DG), em função das distâncias de coleta dentro do túnel de vento.

Na Figura 23 estão apresentados os percentuais de deriva avaliados conforme as distâncias dos coletores, para as diferentes caldas testadas, com a ponta de jato plano com indução de ar. Nota-se que a maior deriva foi avaliada para o tratamento LI (0,15%) em três das quatro distâncias, sendo superado somente na distância de 2,0 m em relação à ponta de pulverização pelo tratamento NB (0,5%). A menor deriva foi encontrada no tratamento com o adjuvante a base de nonil fenol etoxilado (0,0625%) nas quatro distâncias de coleta. Nota-se que a ponta AI apresenta uma maior redução da deriva quando comparado à ponta de jato plano com pré-orifício (DG) em relação a menor e a maior distância da ponta de pulverização.

A mesma tendência encontrada para a ponta DG é mantida para a ponta AI, em que, quanto maior a distância avaliada em relação a ponta de pulverização menor é a deriva. Em relação ao tratamento com o surfatante, o mesmo comportamento encontrado para a soma total de deriva é observado de forma coerente nas análises das distâncias, em que a ponta de jato plano com indução de ar apresenta o menor valor nesse parâmetro, já para a ponta de jato plano com pré-orifício o maior valor de deriva é relacionado a esse produto, confirmando, novamente, o estudo de Miller e Butler Ellis (2000).

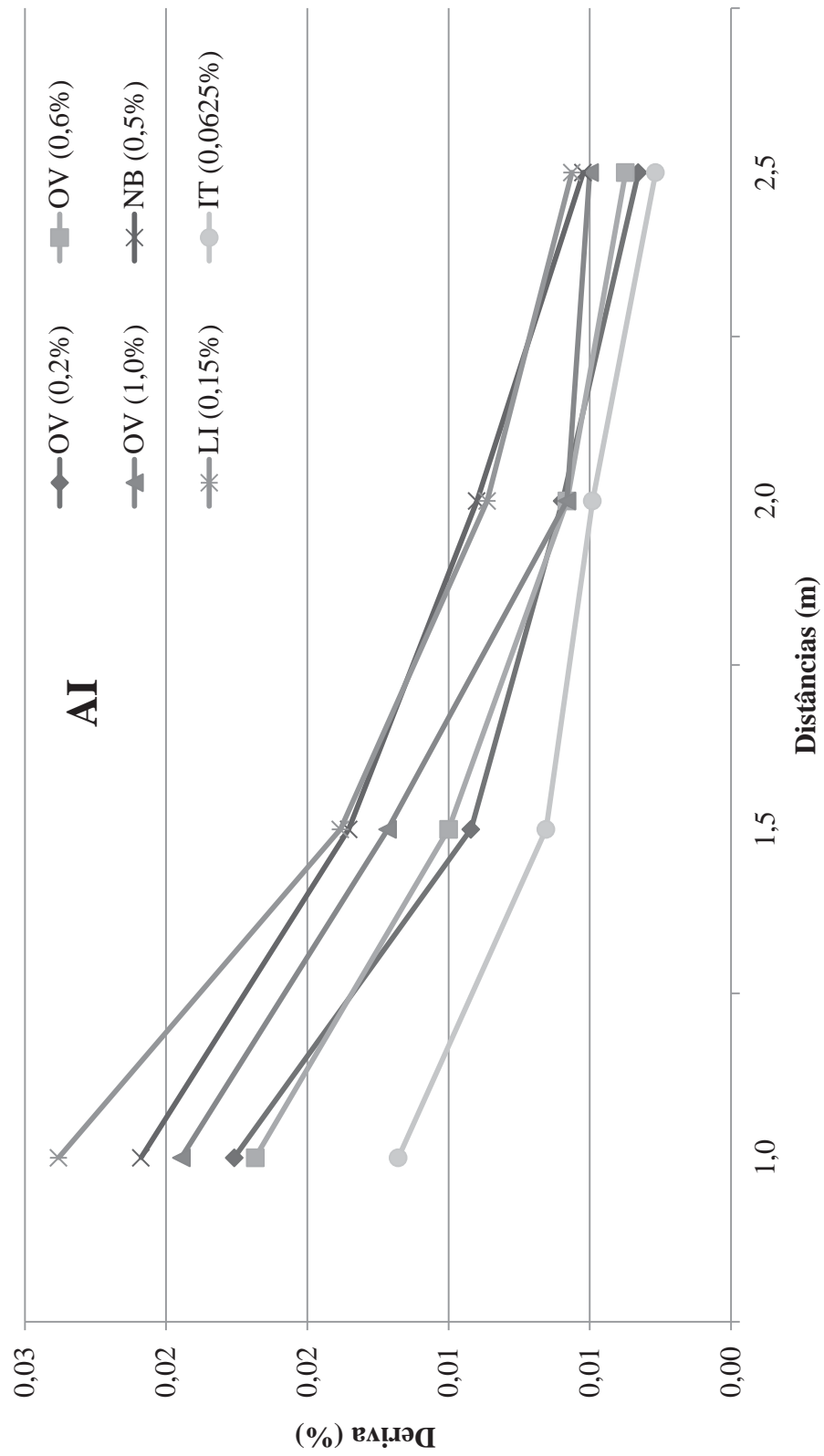


Figura 23. Porcentagem de Deriva para os tratamentos, na ponta de jato plano com indução de ar (AI), em função das distâncias de coleta dentro do túnel de vento.

Na Figura 24 estão apresentados os tratamentos com as pontas DG e AI, na presença de óleo vegetal nas três concentrações propostas. Observa-se, de maneira geral, que a variabilidade dos resultados para a ponta DG foi maior do que para a ponta AI, reforçando as observações anteriores que mostram o comportamento distinto das pontas com relação à presença de adjuvantes.

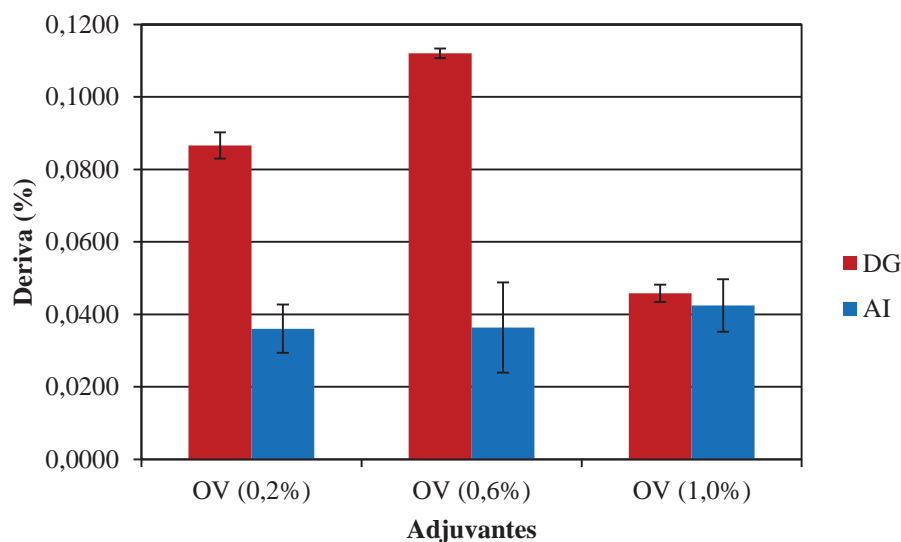


Figura 24. Porcentagem de Deriva (médias \pm IC_{5%}) dos tratamentos com óleo vegetal, nas diferentes concentrações testadas, para as pontas de jato plano com pré-orifício (DG) e indução de ar (AI).

4.3 Correlações entre as variáveis analisadas

As correlações para as variáveis de espectro de gotas e de túnel de vento para as pontas de jato plano com pré-orifício (DG) e de jato plano com indução de ar (AI) estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 5 e 6. Observa-se que houve correlações para a ponta com indução de ar que não aconteceram para a ponta com pré-orifício, o que comprova que as interações entre as variáveis são dependentes do tipo da ponta de pulverização utilizada.

Tabela 5. Correlação entre as variáveis de espectro de gotas e túnel de vento para a ponta de jato plano com pré-orifício (DG).

	Desvio Padrão	% Deriva	DMV	% vol. <100 µm
% Deriva	0,04			
DMV	11,17	-0,31		
% vol. <100 µm	1,65	0,01	-0,79*	
AR	0,07	-0,11	0,30	0,22

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

Tabela 6. Correlação entre as variáveis de espectro de gotas e túnel de vento para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).

	Desvio Padrão	% Deriva	DMV	% vol. <100 µm
% Deriva	0,01			
DMV	110,11	-0,57*		
% vol. <100 µm	2,78	0,51*	-0,88*	
AR	0,48	0,10	0,48*	0,63

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

Na Figura 25 está apresentada a correlação inversamente proporcional e significativa entre as variáveis % vol.<100 µm e DMV para a ponta de jato plano com pré-orifício, ou seja, à medida que se aumenta o DMV a porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 µm diminui. O mesmo resultado de correlação foi encontrado em trabalhos de Costa (2006), Iost (2008), Oliveira (2011) e Mota (2011).

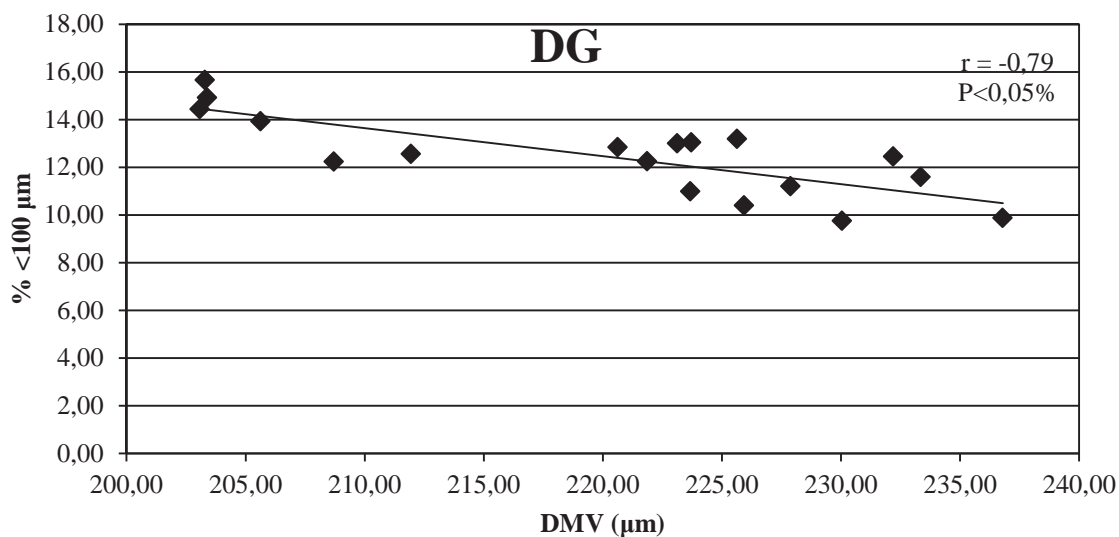


Figura 25. Correlação do parâmetro %vol.<100 μm em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta de jato plano com pré-orifício (DG).

A correlação inversamente proporcional e significativa para os fatores porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 μm e DMV ($r = -0,88$) para a ponta de jato plano com indução de ar (AI) está apresentada na Figura 26. Com o aumento do DMV é observado diminuição do %vol.<100 μm. Em trabalho realizado por Mota (2011), onde se testou as pontas com indução de ar GA e ULD ambas 11003, a correlação encontrada para esses fatores foi positiva, ou seja, quando houve aumento do DMV o parâmetro %vol.<100 μm também aumentou, descrevendo assim comportamento contrário ao encontrado nesse trabalho.

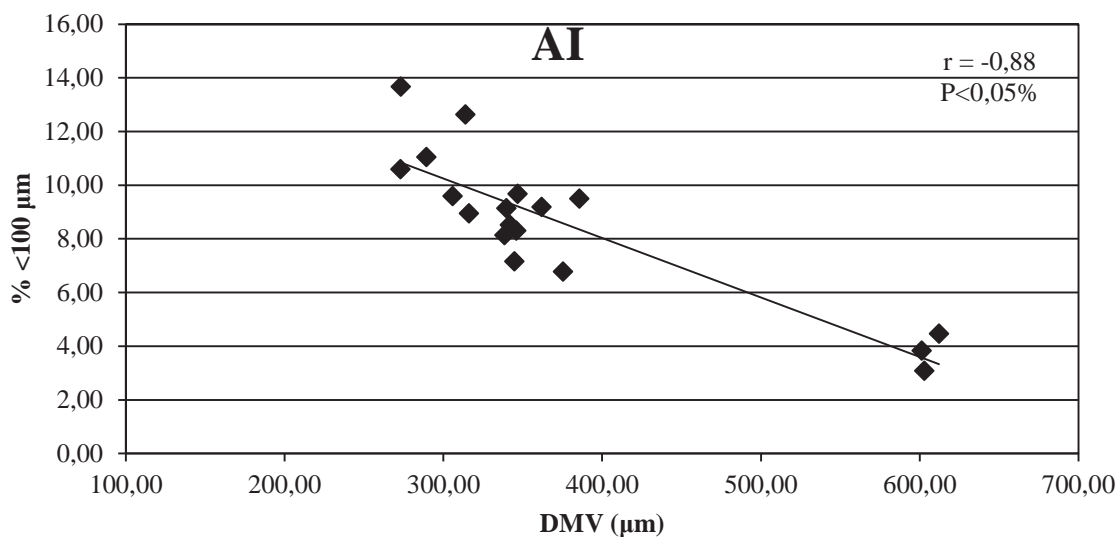


Figura 26. Correlação do parâmetro % vol.<100 μm em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).

A correlação inversamente proporcional entre o parâmetro amplitude relativa e o diâmetro mediano volumétrico ($r = -0,48$) está expressa na Figura 27, quando há um aumento no DMV o parâmetro amplitude relativa diminui.

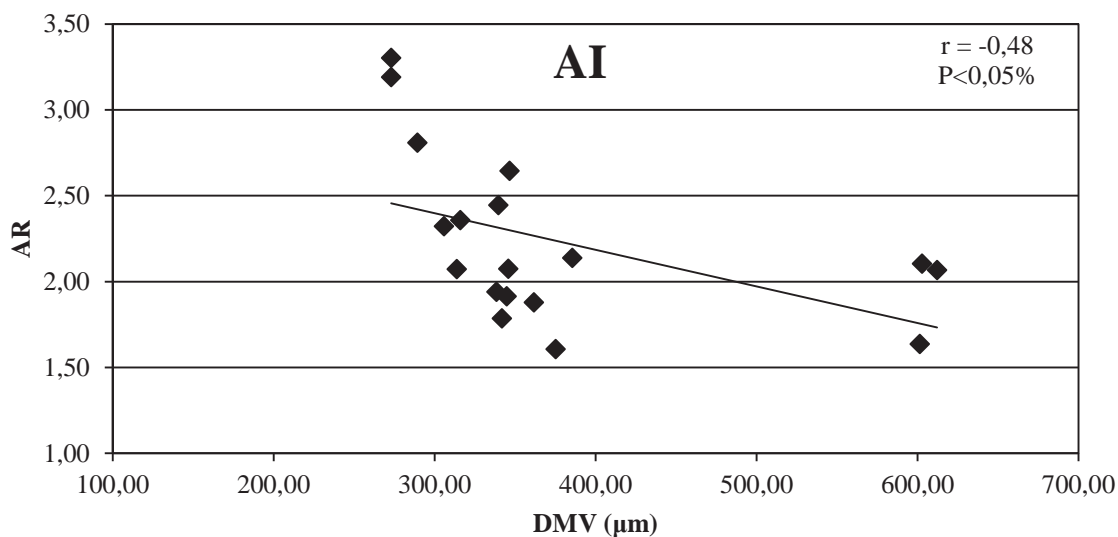


Figura 27. Correlação do parâmetro AR em função do diâmetro mediano volumétrico (DMV) para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).

Observa-se na Figura 28 uma correlação inversa entre os parâmetros DMV e deriva, ou seja, à medida que se diminui o DMV ocorre um aumento do fator porcentagem de deriva. Com efeito, Antuniassi (2009) cita que quando menor for o DMV produzido por uma determinada ponta de pulverização, maior é o risco de deriva.

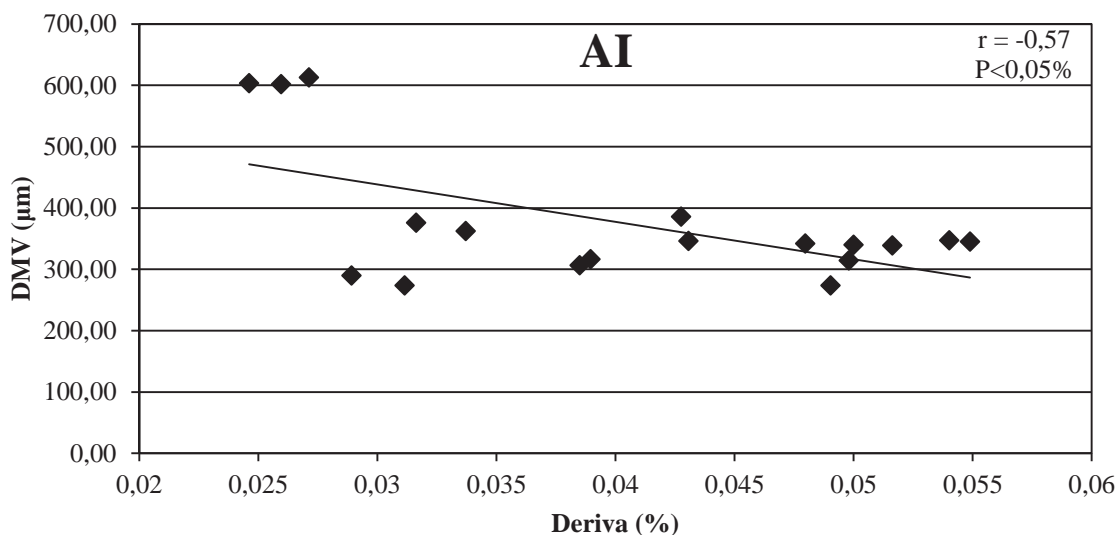


Figura 28. Correlação do parâmetro diâmetro mediano volumétrico (DMV) em função da porcentagem de deriva para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).

A correlação expressada na Figura 29 para a porcentagem do volume de gotas com diâmetro menor que 100 µm e porcentagem de deriva é positiva, onde, quando há um aumento na %vol.<100 µm a porcentagem de deriva também aumenta. Para pesquisadores como Matthews (2000); Ozkan (2000) e Antuniassi, (2009) gotas com diâmetro menor que 100 µm apresentam uma grande suscetibilidade em sofrer deriva, por sofrerem mais a ação de fatores climáticos.

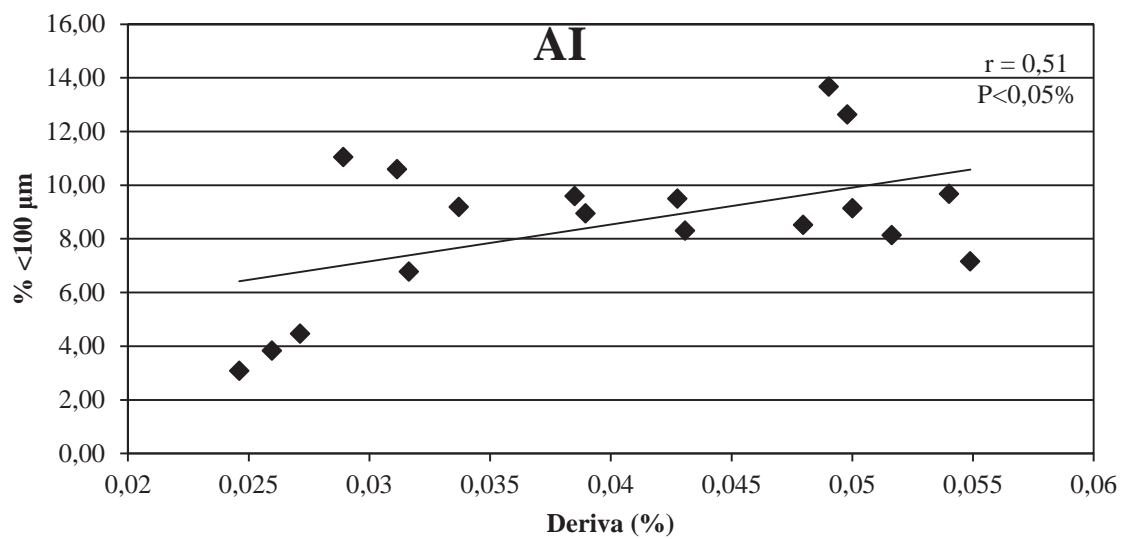


Figura 29. Correlação do parâmetro %vol.<100 μm em função da porcentagem de deriva para a ponta de jato plano com indução de ar (AI).

5. CONCLUSÕES

A adição de adjuvantes a calda de pulverização alterou em diferentes magnitudes as características de espectro de gotas.

O adjuvante In-Tec (0,0625%) apresentou o maior valor de DMV e o menor valor de %vol.<100 μ m para a ponta com indução de ar, reduzindo significativamente a deriva. Para a ponta com pré-orifício, apresentou o menor DMV e a maior %vol.<100 μ m, aumentando significativamente a deriva.

Para todas as classes de adjuvantes testados, a ponta DG apresentou o espectro de gotas mais sujeito a deriva. O espectro desta ponta foi, porém, o mais uniforme.

Não foi observada relação de proporcionalidade entre o DMV e as concentrações utilizadas para os tratamentos com o óleo vegetal para as pontas DG e AI, ou seja, não houve correlação aparente entre o DMV e a concentração dos óleos vegetais.

A mudança do tipo de pontas de pulverização alterou significativamente o comportamento dos tratamentos com os adjuvantes em todos os parâmetros avaliados.

6 REFERÊNCIAS

AKESSON, N. B.; YATES, W. E. **Pesticide application equipment and techniques**. Roma: FAO, 1979. 257 p. (FAO Agricultural Services Bulletin).

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, v. 15, p. 17-22, 2006.

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de pesquisa de Soja 2009**. Rondonópolis, v. 13, p. 299-317, 2009.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 193-219.

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. **Tecnologia de aplicação de defensivos**, Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso – Fundação MT, 2004; n° 8, p. 165-177, (Boletim Técnico de Soja, 2004).

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SASAKI, E. H. Distribuição da calda na cultura da videira por turboatomizador com diferentes configurações de pontas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 731-738, 2006.

BARLOW, J. B.; RAE, W. H.; POPE, A. **Low-speed wind tunnel testing**, 3 ed, John Wiley & Sons, 1999.

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

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.

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

BAYLAR, A.; OZKAN, F.; OZTURK, M. Influence of venturi cone angles on jet aeration systems. **Proceedings of the ICE - Water Management**, London, v. 158, 1ed , p. 9-16 , 2005.

BOLLER, W.; SCHLOSSER, J. F. Consideraciones operativas de lãs boquillas pulverizadoras. In: MAGDALENA, J. C. et al. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Rio Negro: CYTED, 2010. p. 89-96.

BOLLER, W. **Parâmetros técnicos para seleção de pontas**. Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2006. p.43. (Atualidades Técnicas, 2).

BUTLER ELLIS, M. C.; BRADLEY, A. The influence of formulation on spray drift. **International Advances in Pesticide Application**, Cambridge, v. 66, p. 251-258. 2002.

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

BUTLER ELLIS, M. C.; TUCK, C. R. How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles. **Crop Protection**, Guildford, v. 18, n. 1, p. 101-109, 1999.

BUTLER ELLIS, M. C.; TUCK, C. R.; MILLER, P. C. H. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 1, 1997.

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

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

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 tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet South America, 1999a. 14 p. (Boletim técnico, 5).

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

COOKE, B.K.; HISLOP, E.C.; HERRINGTON, P.J.; WESTERN, N.M.; HUMPHERSON-JONES, F. Air-assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide performance. **Crop Protection**, Guildford, v.9, p.303-311, 1990.

COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-D e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes.** Tese de Doutorado, UNESP – Campus 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

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

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

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

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

CUNHA, J. P. A. R. **Tecnologia de aplicação do chlorothalonil no controle de doenças do feijoeiro.** 2003. 81 f. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003b.

DERKSEN, R. C. et al. Droplet spectra and wind tunnel evaluation of venturi and pre-orifice nozzles. **ASABE**, St. Joseph, v. 42, n. 6, 1573-1580, 1999.

DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS/ABRACAV/SIF, 1989. (paginação irregular).

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**. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

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

FIETSAM, J. F. W.; YOUNG, B. G.; STEFFEN, R. W. Herbicide drift reduction to drift control agents with glyphosate. **ASABE**, St. Joseph, v. 47, n. 5, p. 1405-1411, 2004.

FORD, E. T. L. C. **Análise qualitativa do deslocamento da camada limite em carrocerias veiculares**. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. 2001. 101 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 173-181, 2006.

GREEN, J. M.; BEESTMAN, G. B. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. **Crop Protection**. Guildford, v. 26, p. 320-327, 2007.

GREEN, J. M. Herbicide adjuvants. In: Davis, U. C. WRIC. **Weed Science School**, 26-28, 2001.

GORECKI, J. P. **Túneis aerodinâmicos: passado, presente e futuro**. Encit 88 – II Encontro Nacional de Ciências Térmicas. Águas de Lindóia – SP, 1988.

GULER, H. et al. **Spray Characteristics and Wind Tunnel Evaluation of Drift Reduction Potential with Air Induction and Conventional Flat Fan Nozzle**. ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Oregon Convention Center Portland, 2006.

HESS, F. D. Surfactantes and additives. **Proceedings of the California Weed Science Society**, Salinas, v. 51, p. 156-172, 1999.

HERBST, A. **A Method to Determine Spray Drift Potential from Nozzles and its Link to Buffer Zone Restrictions**. Paper number: 01-1047, an ASAE Meeting presentation, 2001.

HOCK, W. K. **Horticultural spray adjuvantes**. Pennsylvania: Pennsylvania State University, 2004. p. 1-4. (Agrichemical fact Sheet 11).

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.

KISSMANN, 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 Agronômico de Campinas, 2001.

LESNIK, M. et al. Comparison of the effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some pests of Apple. **Crop Protection**, Guildford, v. 24, p. 93–100, 2005.

LUND, I. Nozzles for drift reduction. **Aspects of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 57, p. 97-102, 2000.

MAGDALENA, J. C. et al. Pasado y presente de La aplicación de agroquímicos em agricultura. In: MAGDALENA, J. C. et al. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Rio Negro: CYTED, 2010. p. 17-26.

MASIÁ, G.; CID, R. Las boquillas de pulverización. In: MAGDALENA, J. C. et al.

Tecnología de aplicación de agroquímicos. Rio Negro: CYTED, 2010. p. 77-88.

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

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas.** Jaboticabal: FUNEP, 1990.139 p.

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.

MILLER, P. C. H. Directions and trends in research into pesticide application technology: the view of a research scientist. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: EFICIÊNCIA, ECONOMIA E PRESERVAÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DO AMBIENTE, 2, 2001. Jundiaí. **Anais eletrônicos...** Intituto Agrônômico de Campinas, 2001. Disponível em: <<http://www.iac.br/~cma/Sintag>>. Acesso em: 21 mar 2002.

MILLER, P. C. H. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação.** Botucatu: FEPAF, 2004. p. 110-124.

MILLER, P. C. H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. **Application technology for crop protection.** London: CAB International: 1993. p. 101-122.

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

MOREIRA JUNIOR, O. **Construção e validação de um túnel de vento para ensaios de estimativa da deriva em pulverizações agrícolas.** Tese de Doutorado, UNESP – Campus Botucatu. 2009.

NUYTTENS, D. et al. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 1: Meteorological conditions. **Aspects Applied Biology**, Wellesbourne, v. 77, p. 321-329, 2006.

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 134 f. Tese de Doutorado, UNESP – Campus Botucatu. 2011.

OZKAN, H. E. **Reduzindo a deriva nas pulverizações**. Disponível em: <<http://www.comam.com.br>>. Acesso em: 17 jul. 2001.

OZKAN, H. E. Effects of major variables on drift distances of spray droplets. **Food, Agricultural and Biological Engineering**. AEX 525-98, 1998.

OZKAN, H. E. **New nozzles for spray drift reduction**. Ohio, USA: Ohio State University, 2000. (Boletim 816-00). Disponível em: <http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0523.html>. Acesso em 24 mar. 2011.

PALADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 2000. 111 f. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

PHILLIPS, J. C.; MILLER, P. C. H. Field and wind tunnel measurements of the airborne spray volume downwind of single flat-fan nozzles. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 72, p. 161-170, 1999.

PIGGOTT, S.; MATTHEWS, G. A. Air induction nozzles: a solution to spray drift? **International Pest Control**. London, v. 41, p. 24-28, 1999.

RAMOS, H. H. et al. **Manual de Tecnologia de Aplicação**. ANDEF. Campinas. SP. 2004.

SANDERSON, R. et al. Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied propanil formulations. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 8, p. 717-721, 1997.

SCUDELER, F. et al. Ângulo da barra e ponta de pulverização na deposição da pulverização em soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p.13-16.

SIDAHMED, M. M. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.41, n.3, p.531-536, 1998.

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 Daninha, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3443-3446.

TU, M.; RANDALL, J. M. Adjuvants. In: TU, M. et al. **Weed control methods handbook the nature conservancy**. Davis: TNC, 2003. p. 1-24.

WOLF, R. E. **Comparison of Drift for Four Drift-Reducing Flat-fan Nozzle Types Measured in a Wind Tunnel and Evaluated using DropletScan[®] Software**. Paper number: 02-1101, an ASAE Meeting Presentation, 2002.

WOLF, R. E. **Drift Characteristics of Spray Tips Measured in a Wind Tunnel**. Paper Number: MC03-201, an ASAE Meeting Presentation, 2003.

WOLF, R. E. Comparing Downwind Spray Droplet Deposits of Four Flat-Fan Nozzle Types Measured in a Wind Tunnel and Analyzed Using DropletScan[®] Software. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 21, n. 2, p. 173-177, 2004.