

UNIOESTE  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
*CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
NÍVEL MESTRADO

ALINE REGINA LIMBERGER

**AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DA CALDA DE PULVERIZAÇÃO EM  
FUNÇÃO DO TIPO DE PONTA E DO VOLUME APLICADO, NA CULTURA  
DO FEIJÃO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
SETEMBRO/2006

ALINE REGINA LIMBERGER

**AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DA CALDA DE PULVERIZAÇÃO EM  
FUNÇÃO DO TIPO DE PONTA E DO VOLUME APLICADO, NA CULTURA  
DO FEIJÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Nível Mestrado, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Robinson Luiz Contiero

MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
SETEMBRO/2006

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por nos dar a natureza, e me dar a oportunidade de trabalhar com ela.

Ao professor Dr. Robinson Luis Contiero, pela orientação, oportunidade, amizade e confiança.

Ao professor Dr Cláudio Tsutsumi aos Engenheiros Agrônomos Emerson Limberger e Jair Unfried, pelo auxílio nas análises estatísticas, amizade e descontração.

À Coopavel, nas pessoas do Diretor Presidente Dilvo Grolli, Rogério Rizzardi e Jorge Luis Knebel, pela decisão e apoio para a realização deste período de pesquisa.

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná *campus* Marechal Cândido Rondon, pela oportunidade de realização do curso.

A amiga Engenheira Agrônoma Michele A. H. Schmidt pela amizade e colaboração em muitos momentos de dificuldades durante o curso.

Ao colega Engenheiro Agrônomo Laércio Boschini, que muito me auxiliou na implantação e avaliações deste trabalho e também pelas alegrias e companherismo neste período.

“...é no campo da vida que se esconde um tesouro, vale mais que o ouro mais que a prata que brilha, é presente de Deus, é o céu já aqui, o amor mora ali e se chama FAMÍLIA...”

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	7
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1 CULTURA DO FEIJOEIRO .....	12
2.2 BICOS DE PULVERIZAÇÃO E VOLUMES DE CALDA.....	15
2.3 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE PULVERIZAÇÃO .....	19
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
3.1 LOCAL, DATA E SOLO.....	23
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	24
3.3 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA.....	24
3.4 CONDUÇÃO DA CULTURA.....	24
3.5 TRATAMENTOS .....	25
3.6.APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS .....	26
3.7.AVALIAÇÕES.....	28
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
4.1 VOLUME DE CALDA X BICOS DE PULVERIZAÇÃO .....	30
4.2 BICOS DE PULVERIZAÇÃO X EXTRATOS DA PLANTA .....	34
4.3 VOLUME DE CALDA X EXTRATOS DA PLANTA.....	37
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	42
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	44

## RESUMO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das mais importantes na agricultura brasileira. A ocorrência de doenças é um sério fator de influência no seu desenvolvimento e produtividade. Um dos pontos críticos do atual sistema de produção de culturas agrícolas é o uso de agrotóxicos, que, além de elevar o custo de produção, pode causar contaminações ambientais diretas e indiretas. A escolha e o uso adequado de bicos de pulverização são essenciais para a correta aplicação de agrotóxicos. Diante dessas necessidades foi conduzido o presente trabalho no município de Cascavel – PR, na safra de 2004/2005, utilizando a variedade IAPAR 81, com o objetivo de avaliar a quantidade de calda depositada nas folhas do feijão, variando-se o volume de calda aplicada e os tipos de bicos utilizados na barra de pulverização, utilizando-se substância traçadora, simulando as características físicas das soluções de produtos fitossanitários. Para avaliar a distribuição da pulverização, foram coletadas quinze folhas por planta em diferentes extratos (superior, mediano e inferior), com a finalidade de avaliar a penetração da calda, de acordo com os diferentes bicos e volumes aplicados. O delineamento experimental constituiu-se de blocos ao acaso, em arranjo fatorial, compreendendo 4 bicos de pulverização com pontas do tipo leque simples, duplo leque, duplo leque com injeção de ar e cone vazio e 3 volumes de calda (100, 200 e 300 L ha<sup>-1</sup>). De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o presente trabalho foi conduzido, concluiu-se que: o volume de calda que apresentou maiores deposições, nos diferentes extratos das plantas de feijão foi o de 300 L ha<sup>-1</sup>; para maiores deposições no terço superior das plantas de feijão, a melhor combinação é utilizar bicos de Cone Vazio, com volumes de calda de 300 L ha<sup>-1</sup> e para maiores deposições no terço mediano e inferior das plantas de feijão, a melhor combinação é utilizar bicos Duplo Leque com injeção de ar, com volumes de calda de 100, 200 ou 300 L ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Tecnologia de Aplicação; Pontas de Pulverização; Bicos de Pulverização; Volume de Calda; Traçadores.

## ABSTRACT

The culture of the beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of most important in Brazilian agriculture. The occurrence of illnesses is a serious factor of influence in its development and productivity. One of the critical points of the current system of production of agricultural cultures is the use of defensive products, besides raising the production cost, can cause direct and indirect ambient contaminations. The choice and the adequate use of spraying nozzles are essential for the correct application of defensive. Due to those needs the present work was carried out in Cascavel-PR, in the harvest 2004/2005, using the beans IAPAR 81, with the objective evaluating the amount of syrup deposited on the beans leaves, varied the volume of syrup applied and the nozzles types used in the spraying bar, used tracer substance, simulating the physical characteristics of the solutions of the products. To evaluate the spraying distribution, fifteen leaves were collected per plant in different extracts (higher, medium and lower), with the purpose of evaluating the syrup penetration, in agreement with the different nozzles and applied volumes. The experimental design was arranged in randomized complete blocks, in factorial arrangement, with four nozzles and point of the type simple fan, double fan, double fan with air injection and empty cone and 3 syrup volumes (100, 200 and 300 L ha<sup>-1</sup>). In agreement with the results obtained and in the conditions that the present work was carried out., concluded that: The syrup volume that presented larger depositions , in different extracts of the beans plants was of 300 L ha<sup>-1</sup>; for larger depositions in the higher extract of the beans plants, the best combination is to use nozzles of Empty Cone, with volumes of the 300 L ha<sup>-1</sup> and for larger depositions for the medium and lower extracts of the bean plants, the best combination is to use nozzles Double Fan with air injection, volumes of 100, 200 or 300 L ha<sup>-1</sup>.

Words-key: Application Technology; Spraying Tips; Spraying Beaks; Syrup Volume; Tracers.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial tem exigido da agricultura cada vez mais eficiência e competitividade. Nesse sentido, o controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas nas áreas de plantio tornou-se uma preocupação constante do agricultor, sendo que dentre as diferentes técnicas de aplicação de defensivos agrícolas disponíveis, as que se baseiam na pulverização convencional do produto (costal e tratorizada) são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações (DUDIENAS et al., 1990).

Dentro deste contexto, a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L) representa importante atividade agrícola no Brasil, principalmente quando se leva em conta que essa leguminosa é produzida por pequenos e médios agricultores. As doenças que ocorrem nesta cultura constituem uma das principais causas da sua baixa produtividade no Brasil. Muitas doenças, dentre elas as causadas por fungos, podem causar perdas totais ou inviabilizar determinadas áreas para o plantio (PAULA JR. & ZAMBOLIM, 1998)

Atualmente, cerca de 60 doenças atacam a cultura do feijão, sendo 31 causadas por fungos, das quais as tradicionalmente importantes na região dos Campos Gerais são a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*),

podendo-se empregar a aplicação de fungicidas específicos como componente da estratégia de controle dessas doenças (DALLA-PRIA et al., 1999).

Um dos pontos críticos do atual sistema de produção de culturas agrícolas é o uso de agrotóxicos, que, além de elevar o custo de produção, pode causar contaminações ambientais diretas e indiretas. Nas pulverizações, os desperdícios de agrotóxicos podem ultrapassar 70% do total do produto aplicado (CHAIM et al., 1999a, 1999b, 2000). Outros autores verificaram perdas entre 30% e 50% (BUISMAN et al., 1989; PERGHER et al., 1997), mas em alguns casos a deposição nas plantas tem sido superior a 64% do total aplicado (PERGHER & GUBIANI, 1995).

Atualmente, os técnicos são muito questionados pelos agricultores quanto a aplicação para controle de patógenos no tocante ao melhor tipo de bico e volume de calda. Tal questionamento deve-se ao fato de que, segundo o produtor, mesmo usando a tecnologia adequada, o controle das doenças tem sido baixo. Contudo, estudos anteriores tem demonstrado que a dificuldade no controle dessas espécies encontram-se relacionadas à tecnologia de aplicação e não a resistência ou maior tolerância do patógeno aos produtos. O que pode estar acontecendo é que o produto não está chegando no seu alvo por isso o baixo nível de controle, daí a necessidade de novos trabalhos nesta área para um melhor esclarecimento de dúvidas dos técnicos e produtores rurais.

O processo mais empregado para estudar a dinâmica das pulverizações com agrotóxicos tem sido a análise das deposições, com a qual tem se tomado as decisões na escolha de técnicas de aplicação e equipamentos de pulverização. A análise da deposição dos agrotóxicos é baseada na recuperação e detecção das substâncias, da própria superfície das

plantas, de alvos artificiais ou por equipamentos específicos de amostragem. A marcação das caldas de pulverização antes da dispersão, com traçadores facilmente detectáveis, tem se tornado uma prática largamente empregada.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a deposição de calda nas folhas de feijão, em função dos tipos de bicos utilizados na barra de pulverização e dos volumes aplicados, utilizando-se substância traçadora, simulando as características físicas das soluções de produtos fitossanitários.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DO FEIJOEIRO

O feijoeiro é afetado por inúmeras doenças as quais, além de diminuir a produtividade da cultura, depreciam a qualidade do produto. Estas doenças podem ser de origem fúngica, bacteriana, virótica assim como as incitadas por nematóides (CORREIO AGRÍCOLA, 2003).

Estes problemas são um grande desafio e as soluções, sempre que possível, precisam ser de baixo custo para o produtor. Estas soluções incluem o desenvolvimento de novas cultivares com resistência às principais doenças, da implementação de práticas culturais como o uso de sementes de boa qualidade, da rotação de culturas e do manejo correto do solo e, do tratamento químico das sementes e da parte aérea das plantas.

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L) é um dos produtos agrícolas brasileiros de maior importância social e econômica. A produção nacional está em torno de 2,9 milhões de toneladas, com área colhida de 4,3 milhões de hectares e produtividade média de 684 kg ha<sup>-1</sup> (FNP, 2002).

Apesar das práticas culturais se estarem modernizando nos últimos anos, a produtividade atual ainda se acha muito aquém do potencial da cultura, que é superior a 4.500 kg ha<sup>-1</sup>. Uma das causas dessa baixa produtividade é a ocorrência de doenças. Estima-se em 10% as perdas anuais na produtividade do feijoeiro, ocasionadas por fitopatógenos (HALL, 2004).

Uma alternativa para contornar o problema é a aplicação de fungicidas, que diminuem a severidade das doenças e podem aumentar a produtividade da cultura (DUDIENAS et al., 1990). A forma tradicional de aplicação desses produtos é por meio de pulverizadores dotados de bicos de pulverização hidráulicos. Esses bicos são os componentes mais significativos dos pulverizadores e apresentam, como funções básicas: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em pequena área e controlar a saída do líquido por unidade de área (SIDAHMED, 1998).

Para a aplicação de fungicidas nos feijoeiros, os bicos mais utilizados são os de jato cônico vazio mas, em virtude do seu espectro de gotas propiciar a deriva, tem-se tentado utilizar também os de jato plano. Estes, no entanto, podem comprometer a cobertura das plantas, em razão das gotas serem de maior tamanho. Conseqüentemente, poderá haver menor controle de doenças. De forma geral, gotas pequenas são facilmente transportadas pelo vento porém propiciam maior cobertura do alvo, condição desejada sobretudo quando da utilização de defensivos de contato. Segundo SUMNER & SUMNER (1999), a deriva é um dos maiores problemas da aplicação de agrotóxicos, a qual pode causar ineficiência da aplicação e contaminação ambiental.

Outra variável importante na aplicação de fungicidas é o volume de aplicação; prática comum era se aplicar volumes superiores a  $300 \text{ L ha}^{-1}$ ; atualmente, entretanto, existe tendência a se reduzir o volume de calda, visando diminuir os custos de aplicação e aumentar a eficiência da pulverização (SILVA, 1999). O uso de menor volume de calda aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores.

A redução do volume de calda requer, porém, um aprimoramento da tecnologia de aplicação empregada no campo. Segundo SALYANI (1999), a redução do orifício de saída dos bicos, para obter menor volume de aplicação, aumenta o risco de deriva em virtude da diminuição do tamanho das gotas geradas. O problema se agrava quando se leva em conta que bicos de jato cônico vazio, por trabalharem em pressões mais elevadas que os bicos de jato plano, tendem a produzir gotas com menor diâmetro, razão por que há maior possibilidade de contaminação ambiental com a utilização dos bicos de jato cônico vazio (SRIVASTAVA et al., 1994). Uma maneira de se reduzir a deriva consiste em aumentar o diâmetro das gotas e diminuir a proporção de gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ , o que é possível com o uso de bicos de jato plano (JENSEN et al., 2001). Em geral, gotas menores são mais eficazes no combate a pragas e doenças mas pouco seguras, sob o ponto de vista ambiental. Assim, há necessidade de estudos que viabilizem e otimizem a redução do volume de aplicação nas pulverizações de fungicidas, para permitir a utilização de bicos e volumes de calda adequados (SILVA, 1999).

Os resultados das aplicações em lavouras podem ser altamente variáveis. Em geral, o grau de sucesso é determinado pela intensidade e uniformidade da cobertura. A eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de material depositado sobre a vegetação mas, também, da uniformidade de cobertura do alvo (McNICHOL et al., 1997). Para a avaliação em campo dos tratamentos fitossanitários, adotam-se critérios baseados na análise de distribuição do produto sobre a cultura. Os métodos usuais são baseados em análise visual, mensuração óptica e análises químicas (SALYANI & WHITNEY, 1988). Técnicas como fluorimetria (CUNNINGHAM & HARDEN,

1999), espectrofotometria (DERKSEN & GRAY, 1995) e cromatografia (CUNHA, 2003) podem ser encontradas na literatura. A análise visual é um método rápido e fácil, mas de pouca precisão, enquanto os métodos que envolvem análises químicas e analisadores de imagens são mais precisos. HEWITT (2000) apresenta uma revisão das metodologias para a quantificação de deposição e deriva nas aplicações em campo. Entre os métodos modernos de análise, a espectrofotometria ocupa lugar de destaque, devido a facilidade em determinar quantidades diminutas de substâncias (VOGEL, 1992).

Estudos sobre padrões de deposição de pulverizações indicam grande variabilidade de deposição dos agrotóxicos ao longo das faixas de aplicação, o que diminui a eficácia dos tratamentos (COATES & PALUMBO, 1997; GUPTA & DUC, 1996 e PERGHER et al., 1997). De maneira geral, a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas. No caso de fungicidas, esta desuniformidade proporciona baixa eficácia no controle das doenças, principalmente no caso de fungicidas de contato, que requerem cobertura uniforme de toda a planta. Este problema se acentua nas aplicações em que se utilizam bicos de jato plano que, em geral, produzem menor número de gotas por área e menor turbulência.

## 2.2 BICOS DE PULVERIZAÇÃO E VOLUMES DE CALDA

Existem muitos fatores que interferem na eficácia do defensivo agrícola aplicado, entre os quais podemos destacar a dose aplicada, qualidade da água, temperatura do ar no momento da aplicação, umidade relativa do ar, velocidade do vento, altura da barra de aplicação em relação ao alvo,

equipamento utilizado, localização do alvo, volume de calda e tamanho de gotas, fatores estes que determinam o sucesso da aplicação.

Embora as pontas sejam partes pequenas e de baixo custo em relação ao pulverizador, são as peças mais importantes do mesmo, pois delas depende a qualidade da aplicação (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Uma pulverização técnica deve produzir gotas de tamanho adequado, e com o mínimo de deriva possível, sempre de acordo com o produto e com as condições que o alvo a ser pulverizado exigir. O tamanho das gotas varia em função do modo de ação de cada produto.

Entre as diferentes técnicas de aplicação de agrotóxicos, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em diferentes situações (TEIXEIRA, 1997). Existem vários tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão desde os mais simples, do tipo costal, utilizado em pequenas áreas, até os equipamentos mais sofisticados, como os pulverizadores de barra autopropelidos. Nesses equipamentos, os bicos de pulverização representam um dos principais componentes, pois influenciam diretamente na qualidade e segurança da aplicação. Genericamente, denomina-se bico ao conjunto de peças colocado no final do circuito hidráulico, através do qual a calda é fragmentada em gotas. O bico consiste de várias partes, sendo a ponta de pulverização a mais importante (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Nas aplicações de fungicidas e inseticidas, recomenda-se a utilização de bicos de jato cônico vazio, principalmente em culturas com grande massa foliar, em que a penetração das gotas no dossel e a cobertura do alvo são essenciais (SRIVASTAVA et al., 1993; WILKINSON et al., 1999). Normalmente,

esses bicos trabalham submetidos a uma pressão de 200 a 1.000 kPa, produzem ângulo de abertura de 60° a 80° e gotas pequenas, o que pode favorecer a deriva (CHRISTOFOLETTI, 1991). As gotas de pequeno diâmetro proporcionam maior densidade de gotas depositadas sobre o alvo, para um mesmo volume de aplicação. No entanto, há risco de contaminação ambiental por causa da deriva e, por isso, tem-se buscado alternativas que minimizem tais problemas (CROSS et al., 2001).

Na utilização de fungicidas, deve-se realizar a aplicação no momento correto, de modo a atingir o alvo, depositando a quantidade de ingrediente ativo necessário para o controle do fungo, apresentando segurança ao agroecossistema (VELLOSO et al., 1984; MATUO, 1990; MATTHEWS, 2000; MAROCHI, 1996; OZEKI & KUNZ, 1998).

O volume de calda pode ter efeito sobre a eficiência dos fungicidas e deve ser utilizado de acordo com o tipo de aplicação a ser executada. TEIXEIRA et al. (1998), estudando o efeito do volume de aplicação com uma ponta de jato plano, observaram aumento significativo da cobertura de alvos planos quando o volume de aplicação passou de 100 para 200 L ha<sup>-1</sup> e não diferindo desse quando utilizaram 300 L ha<sup>-1</sup>. Por sua vez, SAYLER (2006), avaliando os efeitos do volume de pulverização com vistas ao controle de giberela, observou que volumes de calda acima de 506 L ha<sup>-1</sup> aumentaram a cobertura das espigas, e acima de 336 L ha<sup>-1</sup> diminuíram a intensidade da doença.

VELLOSO et al. (1984) relatam que pontas de jato cônico, por produzirem gotas menores, são as mais indicadas para pulverizações de fungicidas, porém essas geram gotas mais suscetíveis à deriva do que aquelas

geradas pelas pontas de jato plano. Para a aplicação de fungicidas com pulverizadores de barras, SPRAYING SYSTEMS CO. (1999) recomenda a utilização de pontas de jato plano, indicando a utilização de pontas de jato cônico somente para a pulverização em faixas (jato dirigido).

Mc MULLEN (1998) relata que a aplicação de fungicidas com diferentes pontas de pulverização pode proporcionar diferentes níveis de controle de doenças, mas geralmente não são observadas diferenças estatísticas.

De acordo com MATTHEWS (1992), as gotas finas (diâmetro de 101 a 200  $\mu\text{m}$ ) são recomendadas para obter melhor cobertura, e gotas mais grossas ( $> 300 \mu\text{m}$ ) para evitar a deriva. CHRISTOFOLETTI (1999) recomenda as categorias de pulverização média (201 a 300  $\mu\text{m}$ ) e fina (91 a 200  $\mu\text{m}$ ) para aplicação de fungicidas.

OZEKI & KUNZ (1998) recomendam uma densidade de 30 a 50 gotas  $\text{cm}^{-2}$  para fungicidas sistêmicos e acima de 70 gotas  $\text{cm}^{-2}$  para fungicidas protetores.

Aplicação eficiente requer cobertura adequada da superfície-alvo com gotas de tamanho apropriado. No caso de serem produzidas gotas muito grandes, superiores a 800  $\mu\text{m}$ , não ocorre boa cobertura da superfície, tampouco boa uniformidade de distribuição. As gotas muito grandes, pelo seu peso, normalmente não se aderem à superfície da folha e terminam no solo. No caso de gotas muito pequenas, geralmente ocorre boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição da calda, mas essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa ou serem levadas pela corrente de ar (TEIXEIRA, 1997). Segundo WOMAC et al. (1999), os fatores que influenciam

o espectro de gotas produzidas por determinado bico são: vazão nominal, ângulo de pulverização, pressão do líquido, propriedades da calda e tipo de bico.

Assim, durante as aplicações de agrotóxicos, deve-se cuidar para que não sejam produzidas gotas muito grandes, nem muito pequenas. Gotas menores que 100  $\mu\text{m}$  são arrastadas com facilidade pelo vento e gotas maiores que 800  $\mu\text{m}$  tendem a escorrer da superfície das folhas (LEFEBVRE, 1989). É preciso conhecer as características técnicas dos bicos visando a sua correta seleção e, com isso, aplicações eficientes e seguras.

### 2.3 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE PULVERIZAÇÃO

A avaliação de uma pulverização pode ser feita por meio de um estudo da deposição de gotas sobre superfícies-alvo, que podem ser naturais ou artificiais. Existem vantagens e desvantagens quanto ao tipo de alvo a ser utilizado, no entanto, as superfícies naturais são mais utilizadas, por representarem melhor as condições reais de uma aplicação (MILLER, 1993). As avaliações dos depósitos de calda são utilizadas nas pesquisas de tecnologia de aplicação, como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação de defensivos (PALLADINI, 2000).

Como normalmente as quantidades utilizadas de agrotóxicos são muito maiores do que as necessárias para o controle efetivo da praga ou do patógeno, a prática de pulverizar uma cultura pode ser considerada aparentemente como inadequada. CHAPPLE et al. (1997) afirmam que a eficiência com que os agrotóxicos são utilizados na agricultura é conhecida como extremamente baixa. Em parte isto ocorre porque a lavoura é tratada

como um todo, mesmo que só existam pequenas áreas infestadas com plantas daninhas, pragas ou patógenos. HIMEL (1969), afirma que a pulverização de agrotóxicos é o mais ineficiente processo industrial em uso no mundo porque somente de 1 a 3% do produto aplicado chega ao alvo e contribui para o controle da praga.

O domínio da técnica utilizada é muito importante visando diminuir o desperdício do agrotóxico utilizado e a contaminação do ambiente. Não somente a escolha do produto adequado e o momento propício à pulverização são fatores decisivos para obter medidas fitossanitárias eficazes, mas igualmente o conhecimento da melhor técnica de aplicação (IRLA, 1990). Estudos aprofundados dos parâmetros de aplicação são necessários para obter-se um ótimo nível de controle das doenças (TOMPKINS et al., 1983). Para aferir a eficiência de uma pulverização é necessário determinar características como: diâmetro mediano, uniformidade do tamanho e densidade das gotas e a cobertura da pulverização (OZMERI & CILINGIR, 1992).

Não basta somente o conhecimento da dose (quantidade) do produto que chega as partes da planta mas, também onde o agrotóxico aplicado na planta também é uma questão importante, principalmente no caso de produtos de contato. É muito importante uma boa cobertura da superfície inferior das folhas da videira, pois nesta superfície o desenvolvimento da doença é maior (IRLA, 1990).

A utilização de traçante fluorescente na calda aplicada, com avaliações da cobertura das partes das plantas iluminando as amostras com luz ultravioleta, foi o método adotado nos trabalhos de HIMEL (1969), TOMPKINS et al. (1983), FISCHER et al., citados por DERKSEN & BRETH (1994), IRLA

(1990), EVANS et al. (1994) e ABI SAAB (1996). DERKSEN & BRETH (1994) utilizaram uma escala de 10 valores para avaliar a cobertura proporcionada pela aplicação de fósforo inorgânico misturado à água e pulverizado em macieiras. ABI SAAB (1996), também adotou esta escala para avaliar as folhas de uva que receberam a aplicação de calda com corante fluorescente. Também nestes trabalhos as folhas amostradas foram observadas sob iluminação de lâmpada ultravioleta.

A avaliação da deposição e da cobertura estimada numa pulverização, com corante ninhidrina utilizado para quantificar aminoácidos numa solução foi descrita por BABCOCK et al. (1990).

Outra avaliação muito utilizada é através da quantificação do depósito de calda nas partes das plantas. CROSS et al. (1997) consideraram que, na avaliação da efetividade dos métodos de aplicação, a quantificação dos depósitos de pulverização constituiu-se em um dos meios mais rápidos e menos exigentes de recursos. São exemplos do uso desta técnica os trabalhos de HIMEL (1969), SALYANI (1988), SALYANI & WHITNEY (1988), BABCOCK et al. (1990), NORBDO (1992), PERMIN et al. (1992a), PERMIN et al. (1992b), DERKSEN & GRAY (1995) e ABI SAAB (1996).

Muitas são os métodos testados para a avaliação da deposição da calda de pulverização nas plantas. É comum a associação da avaliação da deposição com a avaliação das perdas. Os trabalhos de ABI SAAB (1996) e HOLOWNICKI et al. (2000) são exemplos destas avaliações conjuntas.

A determinação das perdas, entendida como a parcela do produto não depositada no local desejado da planta, é uma avaliação importante dos sistemas de pulverização, sendo comumente utilizada. Os trabalhos

apresentados por VAL et al. (1988), IRLA (1990) e PERMIN et al. (1992b), podem ser citados como exemplos. SARKER et al. (1997) utilizaram sódio fluorescente para avaliar o efeito das propriedades dos líquidos no potencial de deriva em bicos de jato plano (leque).

A avaliação da distribuição da calda nas várias partes da planta também é importante. São exemplos os trabalhos de MAITHIA (1991), ABI SAAB (1996) e VAL et al. (1988) que utilizou o espectrofotômetro de absorção atômica, para avaliar a penetração e o escorrimento da calda pulverizada.

O tamanho das gotas e/ou o volume de aplicação da calda e sua relação com a deposição é uma constante em muitos trabalhos. STEDEN (1992) argumenta que a importância do tamanho das gotas aumenta em função do aumento da dificuldade de alcance do alvo; para a condição estudada, gotas menores proporcionaram melhores resultados. Neste mesmo trabalho, o autor faz outras considerações importantes. Cita ainda que, quanto ao volume de calda aplicado para aplicações de fungicidas em videiras, foram obtidos bons resultados para aplicações com volumes mais baixos (150 a 500 L ha<sup>-1</sup>). Volumes maiores proporcionaram grandes perdas por escorrimento nas diversas partes da planta. No caso da superfície inferior das folhas, o volume de calda e o tamanho das gotas podem ceder lugar em importância para outros fatores, como, por exemplo, o jato transportado.

Apesar da importância de saber o quanto do agrotóxico atinge a planta, não somente isso responde se o controle ocorrerá conforme o esperado. Um maior depósito nas folhas de cevada não aumentou a eficiência biológica de fungicida no controle do míldio, concluíram PERMIN et al. (1992b).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL, DATA E SOLO

O experimento foi conduzido na safra 2004/2005, em área pertencente à Coopavel Cooperativa Agroindustrial, município de Cascavel (PR), localizada na BR 277, km 577, com altitude de 760 metros, latitude 24° 57' 30" S e longitude 53° 28' 30" W.

A área em questão vem sendo cultivada há doze anos no sistema de plantio direto, com soja no verão e aveia no inverno.

O solo da área de implantação do experimento é argiloso, com 65% de argila.

As características químicas do solo estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados de análise de solos da área experimental. Cascavel, PR, 2004/2005.

meq.100 m <sup>-1</sup> ou Cmolc.dm <sup>-3</sup>							g.dm <sup>-3</sup>		%		mg.L <sup>-1</sup> ou mg.dm <sup>-3</sup> ou ppm					
Ca	Mg	K	Al	H+Al	S	T	C	MO	Al	V	P	Fe	Mn	Cu	Zn	PH CaCl <sub>2</sub>
8,65	5,50	0,54	0,00	4,61	14,69	19,30	25,71	44,22	0,00	76,11	17,10	98,38	75,36	4,90	6,07	5,50
NÍVEL			-	NÍVEL			-	NÍVEL		-	NÍVEL		-	NÍVEL		
alto	Alto	alto	baixo	alto	alto	Alto	alto	alto	baixo	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto

Fonte: Laboratório de análise de solos Coodetec, Cascavel, PR.

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 3 volumes (100; 200 e 300 L ha<sup>-1</sup>) x 4 bicos de pulverização (leque simples; duplo leque; duplo leque com injeção de ar e cone vazio), totalizando 12 tratamentos e 4 repetições, em parcelas de 3,0 x 6,0 m (18 m<sup>2</sup>), totalizando 864 m<sup>2</sup> de área experimental.

Como área útil para a coleta das folhas foi considerada a área total, coletando-se folhas das plantas (cinco plantas/parcela) centrais de cada parcela.

### 3.3 IMPLANTAÇÃO DA CULTURA

O sistema de plantio utilizado foi o plantio direto, com semeadura da variedade IAPAR 81 (ciclo intermediário – 86 dias da emergência à maturação, crescimento indeterminado e pertencente ao grupo comercial carioca), realizada mecanicamente em fileiras espaçadas de 0,45 m, e densidade de 12 plantas por metro.

#### Arquitetura da Planta

Uma planta de feijão de porte bem ereto, entre outras vantagens, propicia: facilidade nos tratos culturais, especialmente nas operações de cultivo mecânico, adubação em cobertura, aplicação de defensivos e a colheita mecanizada, favorecendo a locomoção dos implementos sem danificar as plantas; e redução de perdas na colheita, com grãos de melhor qualidade.

Nas plantas eretas, as vagens não encostam no solo úmido, assim, não apodrecem; além disto, se a colheita coincidir com período de chuvas prolongadas, é possível retardá-la com menor prejuízo; e, como a circulação do ar é maior, as condições são menos favoráveis à incidência de patógenos.

### 3.4 CONDUÇÃO DA CULTURA

O tratamento de sementes foi realizado com o inseticida Imidacloprid na dose de 150 g i.a. ha<sup>-1</sup> e o fungicida tolyfluanid, na dose 75 g i.a ha<sup>-1</sup> em 50 Kg de sementes. O controle de plantas daninhas foi feito com os herbicidas pré-emergentes paraquat (0,6 kg i.a. ha<sup>-1</sup>) e trifluralin (4,0 g p.c. ha<sup>-1</sup>), em manejo pré-semeadura e com o pós-emergente fluazifop-p-butyl + fomesafen (0,16 + 0,2 kg i.a. ha<sup>-1</sup>), em aplicação seqüencial, de acordo com a recomendação para a cultura (FANCELLI & DOURADO NETO, 1999; RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

Com base nas características químicas apresentadas na análise de solo (Tabela 1), a adubação utilizada na área experimental foi de 372 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 08-25-25.

### 3.5 TRATAMENTOS

Os tratamentos utilizados no experimento constam da Tabela 2.

Quando da aplicação dos tratamentos as condições climáticas eram: Temperatura de 26°C; Umidade Relativa do Ar: 65% e Velocidade dos Ventos de 6 a 7 km h<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Bicos de pulverização, volumes de calda, pressão, vazão e classe de gotas utilizadas no experimento com a cultura do feijão. Cascavel/PR, 2004/2005.

Bicos	Volume (L ha <sup>-1</sup> )	Pressão (lbf pol <sup>-2</sup> )	Vazão (L min <sup>-1</sup> )	Classe de Gotas
Leque Simples (DG 11002)	100	45	0,66	Média
	200			
	300			
Duplo Leque (TJ-60 11002)	100	30	0,66	Média
	200			
	300			
Duplo Leque com Indução de Ar (AI 11002)	100	67,5	0,78	Grossa
	200			
	300			
Cone Vazio (TX-VK 8)	100	105	0,76	Muito Fina
	200			
	300			

### 3.6 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

A aplicação dos tratamentos foi feita utilizando um pulverizador costal de pressão constante à base de CO<sub>2</sub> equipado com barra contendo 6 bicos espaçados de 0,50 cm.

As vazões e as pressões utilizadas variaram de acordo com o tipo de bico utilizado (Tabela 2).

A calda de pulverização foi composta por água e corante Alimentício Azul Brilhante (FD&C nº 1), na proporção de 3.000 mg de corante por litro de água.

Segundo SCUDELER et al. (2004), os valores de absorvância, quando relacionados a diferentes concentrações do corante Azul Brilhante, permitem o estabelecimento de uma equação de reta linear, indicando a concentração do corante ( $\text{mg L}^{-1}$ ) capturado pelo alvo durante a aplicação. Ao correlacionar a concentração do corante, na solução de lavagem das amostras, com a obtida na calda de pulverização, foi possível estabelecer o volume capturado pelo alvo através da seguinte equação:

$$V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i}, \text{ onde:}$$

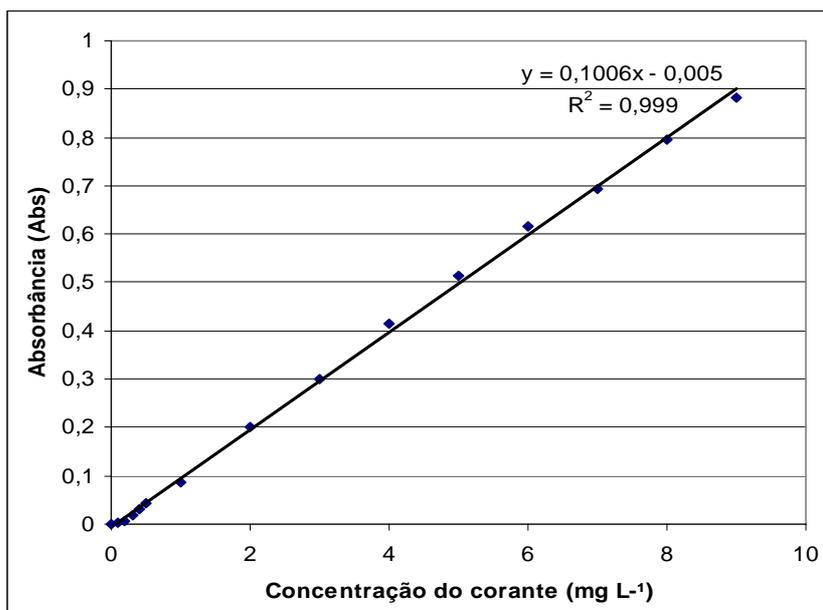
$C_i$  = concentração do corante na amostra ( $3.000 \text{ mg L}^{-1}$ );

$V_i$  = volume capturado pelo alvo (mL);

$C_f$  = concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorvância e transformada para  $\text{mg L}^{-1}$ ;

$V_f$  = volume de diluição da amostra (30 mL).

Para a obtenção da concentração do corante na amostra em  $\text{mg L}^{-1}$ , foi construída uma curva de calibração, efetuando-se a leitura no espectrofotômetro, de concentrações conhecidas do corante (Figura 1). A partir da reta obtida, determinou-se a equação de regressão  $Y = 0,1006 x - 0,005$  ( $R^2 = 0,999$ ), que permitiu transformar os valores obtidos no espectrofotômetro ( $x$ ) nos valores em  $\text{mg L}^{-1}$  ( $y$ ).



**Figura 1.** Curva de calibração para concentrações conhecidas do corante Alimentício Azul Brilhante (FD&C nº 1) e equação de regressão da reta obtida.

### 3.7 AVALIAÇÕES

Avaliou-se a distribuição da calda pulverizada em três diferentes extratos da planta de soja (superior, mediano e inferior), afim de determinar a capacidade de penetração da calda no dossel das plantas, considerando-se a combinação bico de pulverização e volume de calda.

Para avaliar a distribuição da pulverização, foram coletadas folhas em diferentes extratos da planta (5 folhas por planta em 5 plantas por parcela, no terço superior, mediano e inferior de cada planta), com a finalidade de avaliar a penetração da calda, de acordo com os diferentes bicos e volumes aplicados. Após a coleta, as folhas foram colocadas em sacos plásticos de polietileno, identificados.

A cada amostra, foi adicionado 30 mL de água destilada, mantendo-a sob agitação por 30 segundos para remoção do corante Azul Brilhante.

A solução resultante foi colocada em potes plásticos escuros e mantida sob refrigeração (4-8°C). Após esse procedimento foram quantificados os depósitos em espectrofotômetro UV-VIS, lendo-se a absorbância a 630 nm (PALLADINI, 2000; SCUDELER et al., 2004).

### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância através do Teste F e as médias obtidas foram analisadas pelo teste de Bonferroni a 5% de probabilidade (BANZATO & KRONKA, 1989; PIMENTEL GOMES, 1990). Quando as interações entre os fatores foram significativas, realizou-se análise de regressão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 VOLUME DE CALDA X BICOS DE PULVERIZAÇÃO

Os dados referentes à deposição média (mL), correspondente ao volume capturado pelo alvo nas plantas de feijão, em função do volume de calda aplicado ( $L ha^{-1}$ ) e bicos de pulverização, encontram-se na Tabela 3 e Figuras 2 e 3.

Observa-se que os maiores volumes de calda aplicada, independentemente do tipo de bico utilizado, apresentaram melhores resultados, sendo que o volume de  $300 L ha^{-1}$ , com exceção do bico Leque simples, demonstrou um melhor desempenho em relação aos demais volumes. Porém pela Tabela 3 pode-se constatar que, apesar dos bicos de pulverização apresentarem tamanho de gotas diferentes e dos volumes de aplicação, também serem diferentes, não houve diferença na deposição média do corante. SILVA (1999) também não constatou diferença entre as pontas de jato cônico vazio e de jato plano na eficácia de fungicidas aplicados com diferentes volumes de pulverização. GARCIA et al. (2000), estudando o controle de doenças do feijoeiro com fungicida sistêmico, também não constataram diferenças entre as pontas de jato plano e as de jato cônico vazio.

**Tabela 3.** Deposição média (mL) de calda com corante obtida com a aplicação de diferentes bicos e volumes de calda. Cascavel-PR, 2004/2005.

Volume de Calda (L ha <sup>-1</sup> )	Bicos de Pulverização				
	Volume Capturado pelo Alvo (mL)				
	Leque Simples	Duplo Leque	Duplo Leque I.A.	Cone Vazio	Média
100	0,0299 aA	0,0235 aA	0,0392 aA	0,0363 aA	0,0322
200	0,0329 aA	0,0452 aA	0,0367 aA	0,0494 aA	0,0410
300	0,0280 aA	0,0471 aA	0,0657 aA	0,0618 aA	0,0506
<b>Média</b>	0,0302	0,0386	0,0472	0,0491	-
CV(%)	4,19				

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni, a 5% de probabilidade.

A interação entre bicos e volumes de aplicação não foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Bonferroni, indicando a independência entre os dois fatores. Nas aplicações não houve diferença significativa entre as médias do volume de calda retido na folhagem, com os bicos de jato plano e de jato cônico vazio, independentemente da posição no dossel, mostrando não haver diferenças entre os dois bicos quanto à deposição, como podemos observar também na Tabela 4.

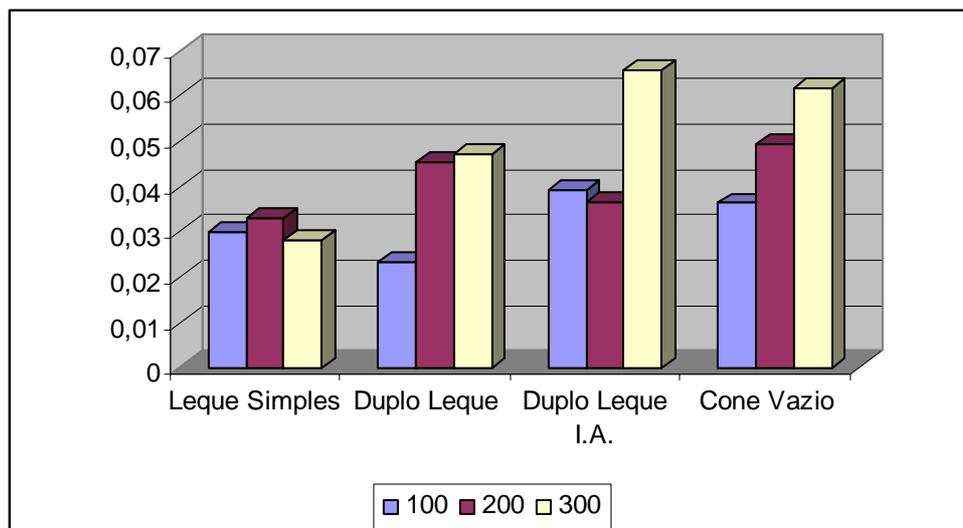


Figura 2. Deposição de calda (volume capturado pelo alvo) nas folhas das plantas de feijão, em função do bico de pulverização utilizado. Cascavel-PR, 2004/2005.

Observa-se na Figura 2 que os volumes de depósitos na população de folhas amostradas em pulverização a 100 L ha<sup>-1</sup>, demonstrou melhores resultados com o bico Duplo Leque com Injeção de Ar, apresentando desempenho semelhante ao volume de 200 L ha<sup>-1</sup>, mas ainda inferior a este mesmo volume para o bico Cone Vazio.

BOLLER et al. (2004), em experimento realizado em Passo Fundo – RS, na safra 2002-2003, para avaliação de fungicida para o controle de oídio em soja, com diferentes pontas de pulverização e volumes de calda, concluíram que quando o fungicida epoxiconazole + piraclostrobim foi aplicado com volume de calda de 100 L ha<sup>-1</sup>, as pontas de pulverização não se diferenciaram em relação ao controle do oídio da soja. Com a utilização de volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, as pontas de jato cônico vazio JA-2 e as pontas de indução de ar ID 12002 proporcionaram controle de oídio mais eficiente do que as pontas jato plano TJ-60 e as de jato plano XR, DG e TT. As diferenças

induzidas por algumas pontas e volumes de calda, nos níveis de controle da doença foram insuficientes para afetar o rendimento de grãos da soja.

Segundo BOLLER et al. (2001) e BROWN et al. (2002), os efeitos no controle da ferrugem da folha de aveia indicaram que uma aplicação do fungicida sistêmico tebuconazole com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, assim como uma aplicação com 300 L ha<sup>-1</sup> proporcionaram, respectivamente, níveis de controle da doença e rendimentos de grãos semelhantes a duas aplicações com 100 L ha<sup>-1</sup> e duas com 150 L ha<sup>-1</sup>.

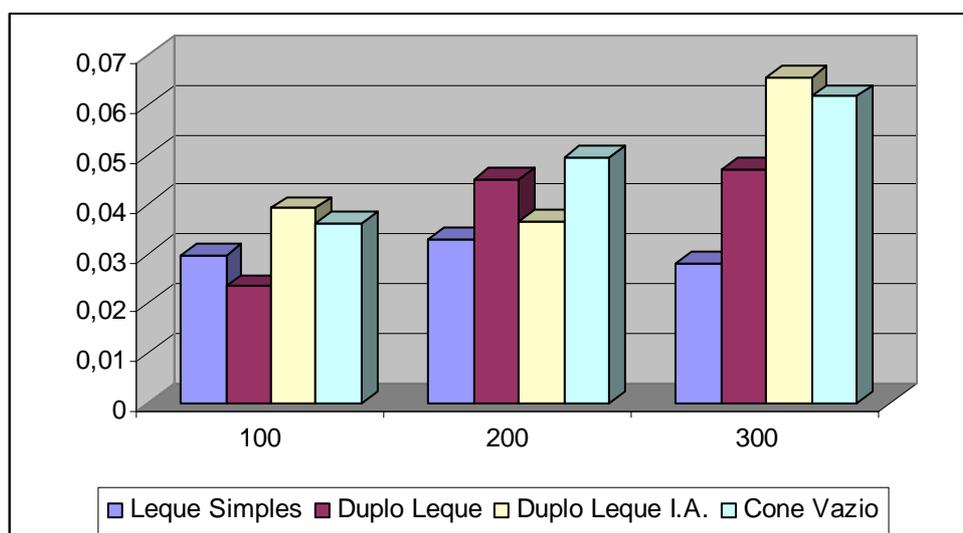


Figura 3. Deposição de calda (volume capturado pelo alvo) nas folhas das plantas de feijão, obtida com a aplicação de diferentes volumes de calda. Cascavel-PR, 2004/2005.

Embora MATUO (1990) preconize a utilização de menores volumes de calda, visando diminuir o custo e aumentar a rapidez do tratamento, o presente trabalho mostrou que os volumes de 300 L ha<sup>-1</sup> apresentaram-se mais eficientes na deposição da calda em todos os extratos da planta (Figura 3).

## 4.2 BICOS DE PULVERIZAÇÃO X EXTRATOS DA PLANTA

Os bicos de pulverização devem ser, cuidadosamente, selecionados para cada operação, pois, são os responsáveis pela fragmentação do líquido em gotas, por distribuí-las na área e controlar a vazão (SIDAHMED, 1998).

Os dados referentes à deposição média (mL), correspondente ao volume capturado pelo alvo nos extratos superior, mediano e inferior das plantas, em função do bico de pulverização utilizado encontram-se na Tabela 4 e Figuras 4 e 5.

**Tabela 4.** Deposição média (mL) de calda com corante obtida com a aplicação de diferentes bicos de pulverização, nos diferentes extratos das plantas de feijão. Cascavel-PR, 2004/2005.

Bicos de Pulverização	Extratos			
	Volume Capturado pelo Alvo (mL)			
	Superior	Mediano	Inferior	Média
Leque Simples	0,0603 aA	0,0231 aA	0,0073 aB	0,0302
Duplo Leque	0,0841 aA	0,0254 aB	0,0063 aB	0,0386
Duplo Leque c/ Injeção de Ar	0,0963 aA	0,0359 aB	0,0096 aC	0,0472
Cone vazio	0,1094 aA	0,0303 aB	0,0078 aC	0,0491
<b>Média</b>	0,0875	0,0286	0,0077	-
CV	4,19			

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni, a 5% de probabilidade.

Observa-se que a pulverização com os bicos de jato cônico vazio e duplo leque com injeção de ar propiciaram maior deposição de gotas da área-

alvo, em relação aos bicos leque simples e duplo leque, embora não tenha havido diferença significativa entre os mesmos.

Os bicos de jato cônico vazio produzem grande volume de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu\text{m}$ , as quais são mais sujeitas à deriva; além disso, a turbulência gerada por esses bicos, que ora auxilia a penetração do jato no dossel das plantas, também pode provocar efeito oposto: quando a folhagem densa impede a entrada das gotas, o movimento do ar provoca a suspensão delas, que ficam mais sujeitas aos fenômenos climáticos. CHRISTOFOLETTI (1991) também constatou o risco potencial de deriva das aplicações de agrotóxicos com esse tipo de bico.

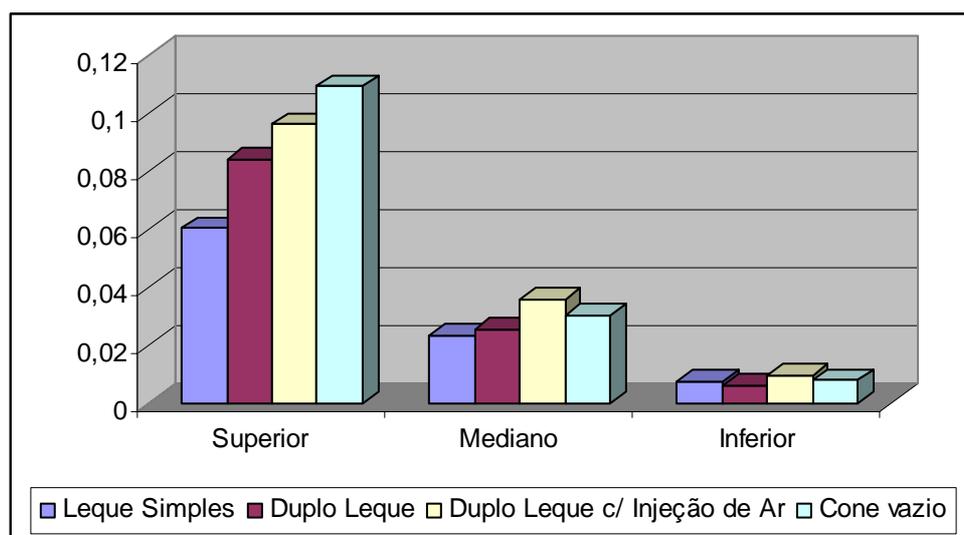


Figura 4. Deposição de calda (volume capturado pelo alvo) nos diferentes extratos das plantas de feijão, em função do bico de pulverização utilizado. Cascavel-PR, 2004/2005.

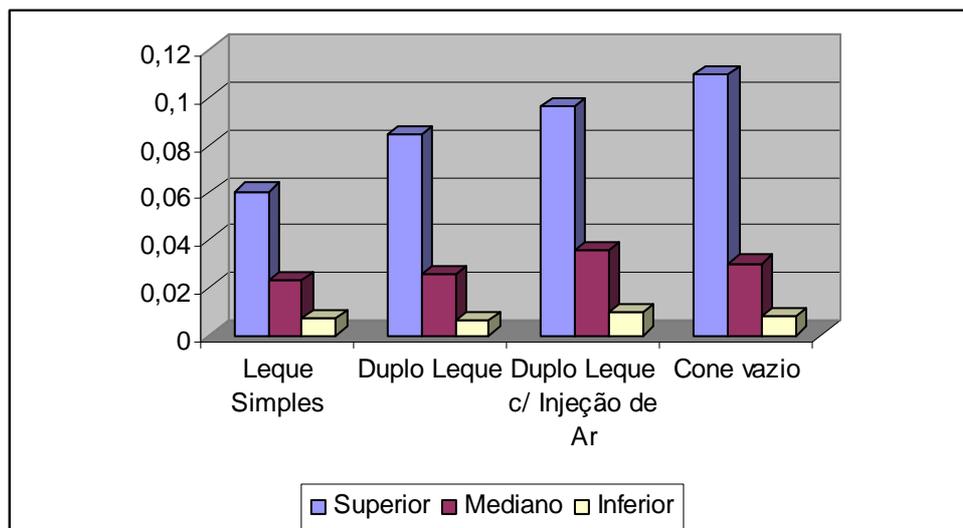


Figura 5. Deposição de calda (volume capturado pelo alvo) nas folhas das plantas de feijão, em função do bico de pulverização utilizado. Cascavel-PR, 2004/2005.

Para a aplicação de fungicida nos feijoeiros, as pontas mais utilizadas são as de jato cônico vazio. Entretanto, em virtude do seu espectro de gotas ser muito susceptível à deriva, tem-se tentado utilizar também as de jato plano. Estas, entretanto, podem comprometer a cobertura das plantas, em virtude de as gotas serem de maior tamanho, principalmente no caso das pontas de jato plano antideriva. Observando a Tabela 4 e Figuras 4 e 5, verificamos que quando analisamos o volume capturado pelo alvo entre os extratos, os bicos leque simples e duplo leque, demonstram que o terço superior obteve melhor desempenho em relação ao inferior, mas tendo o leque simples a mesma significância entre superior e mediano. Ainda, podemos observar que os bicos duplo leque com injeção de ar e cone vazio, proporcionaram baixa uniformidade de deposição ao longo do dossel do feijoeiro, apresentando diferença significativa entre os extratos da planta, mas também observamos que o bico com injeção de ar apresentou melhor desempenho, em relação ao

volume aplicado, no extrato inferior e mediano quando comparamos as médias dos outros bicos, dentro destes extratos. Estes resultados demonstram que a utilização de bicos com injeção de ar proporcionam a penetração das gotas mesmo em culturas fechadas e com grande densidade foliar, através das gotas grandes, cheias de bolhas de ar no seu interior que “explodem” ao atingir o alvo, espalhando-se para proporcionar uma melhor cobertura.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1996) e CUNHA et al. (2005), recomendam o uso de bicos com pontas de jato plano ou de jato plano duplo para aplicar fungicidas com pulverizadores de barra, o que vem de encontro aos resultados obtidos neste presente experimento. Enquanto que para VELLOSO et al. (1984), os bicos com pontas de jato cônico vazio, em geral, são utilizados para aplicação de inseticidas e fungicidas, tendo em vista que produzem gotas com diâmetro de 100 a 200 micrômetros, ideais para penetração entre a folhagem das culturas, contrariando os resultados aqui obtidos.

#### 4.3 VOLUME DE CALDA X EXTRATOS DA PLANTA

No caso do feijoeiro, é comum a aplicação de fungicida utilizando altos volumes de calda com gotas de pequeno tamanho, o que pode causar muita deriva. Segundo MURPHY et al. (2000), o desvio da trajetória das partículas liberadas pelo processo de aplicação é influenciado pela velocidade dos ventos, pela altura da barra, pela velocidade de deslocamento do equipamento aplicador e pelo tamanho de gotas. Estudos têm mostrado que, durante a pulverização, à medida que aumenta a proporção de gotas com diâmetro inferior a 100  $\mu$ m também aumenta a deriva (SDTF, 1997). Biologicamente, no

entanto, altos volumes de calda aplicados com gotas de pequeno diâmetro são bastante eficazes no controle de doenças (WALKLATE, 1992 e CROSS et al., 2001). Portanto, alternativas a essa forma de aplicação devem ser estudadas, visando tornar a aplicação mais segura ambientalmente.

Os dados referentes à deposição média (mL), correspondente ao volume capturado pelo alvo nos extratos superior, mediano e inferior das plantas, em função do volume de calda utilizado encontram-se na Tabela 5 e Figuras 6 e 7.

**Tabela 5.** Deposição média (mL) de calda com corante obtida com a aplicação de diferentes volumes de calda, , nos diferentes extratos das plantas de feijão. Cascavel-PR, 2004/2005.

Volume de Calda (L ha <sup>-1</sup> )	Extratos			
	Volume Capturado pelo Alvo (mL)			
	Superior	Mediano	Inferior	Média
<b>100</b>	0,0706 aA	0,0188 bA	0,0072 bA	0,0322
<b>200</b>	0,0958 aA	0,0214 bA	0,0059 cA	0,0410
<b>300</b>	0,0961 aA	0,0458 aA	0,0102 aA	0,0507
<b>Média</b>	0,0875	0,0286	0,0077	-
CV	4,19			

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Bonferroni, a 5% de probabilidade.

No estudo das variáveis (volume de calda e extratos), do experimento em relação ao volume coletado, encontram-se diferenças significativas. Esta diferença pode mostrar que a deposição do volume é influenciado pelos diferentes extratos da planta. Observamos que os diferentes volumes não tiveram diferença em relação à deposição no terço superior, fato este não observado nos terços mediano e inferior, pois o volume de líquido depositado

na planta sofre influência do local da análise, sendo a quantidade depositada decrescente à medida que o ponto de coleta desce; as aplicações com maiores volumes de aplicação mostraram os maiores depósitos nas plantas (Figuras 6 e 7), conforme observado por GANDOLFO et al. (2004).

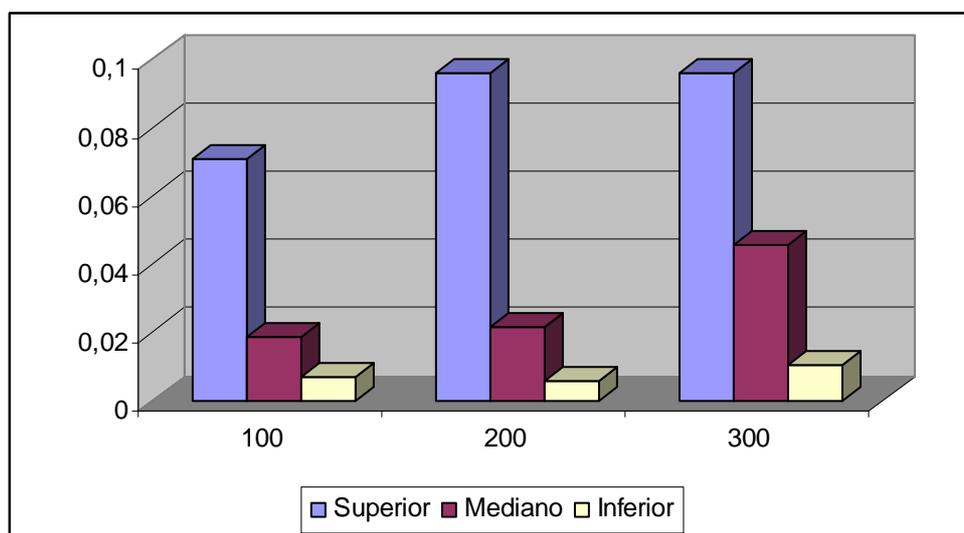


Figura 6. Deposição de calda (volume capturado pelo alvo) nas folhas das plantas de feijão, obtida com a aplicação de diferentes volumes de calda. Cascavel-PR, 2004/2005.

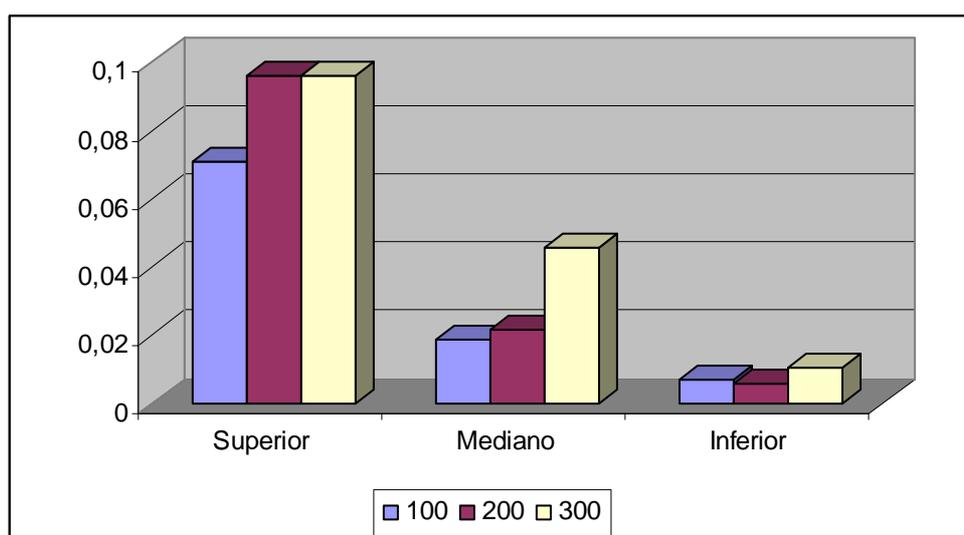


Figura 7. Deposição de calda (volume capturado pelo alvo) nos extratos das plantas de feijão, obtida com a aplicação de diferentes volumes de calda. Cascavel-PR, 2004/2005.

Ainda, os resultados obtidos conforme Figuras 6 e 7, mostraram que os depósitos tanto no terço superior quanto inferior das plantas aumentaram com o crescimento do volume de calda aplicada. No terço superior os volumes 200 e 300 L ha<sup>-1</sup> mostraram deposição semelhante, sendo que nos terços mediano e inferior somente o volume 300 L ha<sup>-1</sup> manteve o melhor desempenho. Observamos também no terço inferior, que os volumes diferiram significativamente, sendo que o volume de 100 L ha<sup>-1</sup> apresentou melhor deposição em relação a 200 L ha<sup>-1</sup>, já o terço mediano não obteve diferenças significativas entre 100 e 200 L ha<sup>-1</sup>.

DERKSEN & SANDERSON (1996) avaliaram a influência do volume de calda na deposição foliar de agrotóxicos e verificaram, com o uso de altos volumes de aplicação, melhor cobertura e menores variações de deposição ao longo do dossel. Os autores explicaram que altos volumes permitem uma redistribuição de produto por meio do escoamento da parte superior para a parte inferior, o que causa maior deposição nas partes inferiores e, com isso, maior uniformidade de deposição. No entanto, essas aplicações apresentam maiores riscos de contaminação do solo, em virtude da possibilidade da não-retenção de produto nas folhas.

Ainda, quando consideramos o desempenho individual dos volumes de calda, para os diferentes extratos, notamos que existem desempenhos diferentes, como observado em 300 L ha<sup>-1</sup>, onde os extratos superior, mediano e inferior não demonstram resultados significativos para este volume (Tabela 5).

O volume aplicado numa pulverização deve ser o mais uniforme possível, sob pena de ser necessário volume adicional para compensar os

pontos ou faixas que receberam menor quantidade de calda (PERECIN et al., 1998).

## 5 CONCLUSÕES

Considerando as análises realizadas neste trabalho, pode-se concluir que:

- Na interação volumes de calda e bicos de pulverização não houve diferença significativa, mas para os volumes de  $100 \text{ L ha}^{-1}$  e  $300 \text{ L ha}^{-1}$  o melhor desempenho foi observado em bico Duplo Leque com injeção de ar e o volume de  $200 \text{ L ha}^{-1}$  apresentou melhor desempenho para o bico Cone Vazio, tendo também este bico demonstrado uma distribuição mais uniforme dos volumes.

- Na análise de bicos de pulverização e extratos, conclui-se que não houve diferença significativa entre os bicos nos diferentes extratos; os bicos Leque Simples e Duplo Leque apresentam uma maior distribuição nos diferentes extratos, e o bico Duplo Leque com injeção de ar demonstra através do volume capturado, melhor deposição nos terços mediano e inferior por apresentar gotas grandes, diferindo significativamente entre os extratos.

- Na análise de volumes de calda e extratos concluímos que o volume de  $300 \text{ L ha}^{-1}$  apresentou melhor desempenho, nos diferentes extratos; os extratos mediano e inferior demonstraram melhor volume capturado, quando usado  $300 \text{ L ha}^{-1}$ , sendo que o volume  $100 \text{ L ha}^{-1}$  apresentou melhor deposição no extrato inferior em relação a  $200 \text{ L ha}^{-1}$ .

- Para maiores deposições no terço superior das plantas de soja, a melhor combinação é utilizar bicos de Cone Vazio, com volumes de calda de 300 L ha<sup>-1</sup> e para maiores deposições no terço mediano e inferior das plantas de soja, a melhor combinação é utilizar bicos Duplo Leque com injeção de ar , com volumes de calda de 100 ,200 ou 300 L ha<sup>-1</sup>.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI SAAB, O. J. G. *Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras no Município de Londrina/PR*. Botucatu, 1996. 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

BABCOCK, J.M., BROWN, J.J., TANIGOSHI, L.K. Volume and coverage estimation of spray deposition using an amino nitrogen colorimetric reaction. *J. econ. entomol.*, v.83, n.4, p.1633-5, 1990.

BANZATO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247p.

BOLLER, W.; FORCELINI, C.A.; BRAUN, E. Efeitos de volumes de calda sobre o controle químico de ferrugem da folha e rendimento de grãos da aveia branca. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 21., Lages, 2001. **Resultados Experimentais...** Lages: UDESC, 2001.p. 363-365.

BOLLER, W.; FORCELINI, C. A.; HAGEMANN, A.; TRES, I. Aplicação de fungicida para o controle de oídio em soja, com diferentes pontas de pulverização e volumes de calda. In: III Sintag – Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, Resumos, Botucatu, 2004. p. 17-20.

BUISMAN, P.; SUNDARAM, K. M. S.; SUNDARAM, A.; TRAMMEL, K. Field deposit patterns of a diflubenzuron spray mix, after application to apple orchard using an airblast sprayer, and a laboratory evaluation of physical properties and atomization characteristics. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v. 24, n. 4, p. 389-411, 1989.

CHAIM, A.; CASTRO, V. L. S. S.; CORRALES, F.; GALVÃO, J. A. H.; CABRAL, O. M. R. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 741-747, maio 1999a.

CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate.** Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1999b. 29 p. (Boletim de Pesquisa, 2).

CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. **Pesticidas Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 65-74, 2000.

CHAPPLE, A.C., WOLF, T.M., DOWNER, R.A., TAYLOR, R.A.J., HALL, F.R. Use of nozzle-induced air-entrainment to reduce active ingredient requirements for pests control. *Crop protection*, v.16, n.4, p.323-30, 1997.

CORREIO AGRÍCOLA. Editado pela Bayer CropScience Ltda. Publicação Semestral (Janeiro/Junho 2003).

COATES, W.; PALUMBO, J. Deposition, off-target movement and efficacy of Capture and Thiodam applied to cantaloupes using five sprayers. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.13, n.2, p.181-188, 1997.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Bicos de pulverização: seleção e uso.** Diadema: Spraying Systems, 1991. 9p.

CHRISTOFOLETTI, J.C. Considerações sobre tecnologia de aplicação. In: **TECNOLOGIA E SEGURANÇA NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS – CURSO DE ATUALIZAÇÃO**, 1996, Santa Maria. Santa Maria:UFSM – Centro de Ciências Rurais; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, Santa Maria, 1996, p.8-17.

CHRISTOFOLETTI, J.C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.** São Paulo: Teejet, 1999. 15p.

CHRISTOFOLETTI, J.C. Boletim técnico BT-05/99 – Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Disponível em: <<http://www.teejet.com.br/>>. Acesso em: 01 jul. 2006.

CROSS, J.V., MURRAY, R.A., RIDOUT, M.S., WALKLATE, P.J. Quantification of spray deposits and their variability on apple trees. In.: **ASPECTS OF APPLIED BIOLOGY**, 48, 1997, Long Ashton. *Proceedings...* Warwick : Association of Applied Biologists, 1997. p.217-224.

CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY, R.A.; RICHARDSON, G.M. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. **Crop Protection**, v.20, p.333-343, 2001.

CUNNINGHAM, G.P.; HARDEN, J. Sprayers to reduce spray volume in mature citrus trees. *Crop Protection*, London, v.18, p.275-281, 1999.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v.21, p.325-332, 2003.

DALLA-PRIA, M.; SILVA, O.C. da; COSTA, J.L. da S.; SOUZA, E.D. de T.; BERNI, R.F. Métodos de avaliação das doenças. In: CANTERI, M.G. *Principais doenças fúngicas do feijoeiro*. Ponta Grossa: Editora UEPG, 1999. p.17-25.

DERKSEN, R.C., BRETH, D.I. Orchard air-carrier sprayer application accuracy and spray coverage evaluations. *Applied engineering in agriculture*, St. Joseph, v.10, n.4, p.463-70, 1994.

DERKSEN, R.C., GRAY, R.L. Deposition and air speed patterns of air-carrier apple orchard sprayer. *Trans. Asae*, St. Joseph, v.38, n.1, p.5-11, 1995.

DUDIENAS, C., CASTRO, J.L., ITO, M.F., SOAVE, J., MAEDA, J.A. Efeito de fungicidas na produção, sanidade e qualidade fisiológica de sementes de feijão. *Fitopatologia Brasileira*, v.15, n.1, p.20-24, 1990.

EVANS, M.D., LAW, S.E., COOPER, S.C. Fluorescent spray deposit measurement via light intensified machine vision. *Applied engineering in agriculture*, St. Joseph, v.10, n.3, p.441-7, 1994.

FANCELLI, A.L; DOURADO NETO, D. Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo. Florianópolis: EPAGRI, 1999. 194p.

FNP. Comércio e Consultoria. *Agrianual 2003*. São Paulo, 2002. p.345-354.

GANDOLFO, M. A.; BUENO, J. T.; TORRES, J. P.; SANCHEZ, W.; ZANNI, B. F. **Avaliação da Qualidade de Pulverização com Diferentes Pontas e Volumes de Aplicação na Soja**. Bandeirantes-PR. Fundação Faculdade de agronomia Luiz Meneghel, 2004.

GARCIAL.C. et. al. Avaliação da qualidade da aplicação de um fungicida em função do tipo de ponta de pulverização e do estágio de desenvolvimento da cultura do feijão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2000, Jundiaí. **Anais...** Jundiaí: IAC, 2000.

GUPTA, C.P.; DUC, T.X. Deposition studies of a hand-held air-assisted electrostatic sprayer. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.39, n.5, p.1633-1639, 1996.

HALL, R. Compendium of beans diseases. St. Paul: APS, 2004. p.71.

HEWITT, A.J. Methodologies for the quantification of spray deposition and drift in field applications. St. Joseph: ASAE, 2000.10p. ASAE Paper n.00-1028

HIMEL, C.M. The fluorescent particle spray droplet tracer method. *J. econ. entomol.*, v.62, n.4, p.912-6, 1969.

HOLLOWNICKI, R., DORUCHOWSKI, G., SWIECHOWSKI, W., GODYN, A. *Automatic self adjusting air-jet sprayer concept for fruit trees*. Paper. AgEng., Warwick, n. 00-PM-053, 2000. 10p.

IRLA, E. Essais comparatifs de pulvérisateurs pour la vigne, 1989. *Rapports FAT*, Tänikon, n.382, 15p, 1990.

JENSEN, P.K.; JORGENSEN, L.N.; KIRKNEL, E. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. *Crop Protection*, London, v.20, p.57-64, 2001.

LEFEBVRE, A.H. **Atomization and sprays**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989. 421p.

MAROCHI, A.I. *Conquiste o futuro com a tecnologia presente: tecnologia de aplicação de defensivos*. Castro: Fundação ABC, 1996. 24 p.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell, 1992. 432p.

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

MAITHIA, A.S.K. Optimum volume of spray application for the control of coffee leaf rust. *Kenya coffee*, v.56, n.662, p.1231-8, 1991.

MC MULLEN, M. Fungicide technology network of the national FHB initiative - 1988. In: NATIONAL FUSARIUM HEAD BLIGHT FORUM, 1998, East Lansing. *Proceedings...* Michigan: Michigan State University, 1998. p.47-50.

MC ICHOL, A.Z.; TESKE, M.E.; BARRY, J.W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.40, n.6, p.1529-1536, 1997.

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

NORBDO, E. Effects of nozzles size, travel speed and air assistance on deposition on artificial vertical and horizontal targets in laboratory experiment. *Crop protection*, v.11, n.3, p.272-8, 1992.

OZEKI, Y.; KUNZ, R.P. Tecnologia de aplicação aérea: aspectos práticos. In: GUEDES, J.V.C.; DORNELLES, S.H.B. *Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias*, 1998, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria / Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p.65-78.

OZMERI, A, CILINGIR, I. Use of colorimetric technique in determining surface coverage in spraying. *Agric. mechanization in asia, africa and latin america*, v.23, n.1, p.37-8, 1992.

PALLADINI, LA. Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações. Botucatu: FCA/UNESP, 2000. 111p. (Tese, Doutorado em Agronomia).

PAULA JÚNIOR, T.J., ZAMBOLIM, L. Doenças. In: VIEIRA, C., PAULA JÚNIOR, T.J., BORÉM, A. (Eds.). *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa, MG: UFV, 1998. p.375-433.

PERECIN, D.; PERESSIN, V.A.; MATUO, T.; BRAZ, B.A.; PIO, L.C. Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, p.175-82, 1998.

PERGHER, G.; GUBIANI, R. The effect of spray application rate on foliar deposition in a hedgerow vineyard. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 61, n. 3, p. 205-216, 1995.

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 25-33, 1997.

PERMIN, O., JORGERSEN, L.N., PERSSON, K. Deposition characteristics and biological effectiveness of fungicides applied to winter wheat and the hazards of drift when using different types of hydraulic nozzles. *Crop protection*, v.11, n.6, p.541-6, 1992a.

PERMIN, O. , JORGERSEN, L.N., PERSSON, K. Biological effect of herbicides and fungicides, deposition and drift hazards, when using different sizes of hydraulic flat fan nozzle for the application. *Tidsskrift for planteavl*, Lyngby, v.96, n.5, p.531-42, 1992b.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. Londrina, 2005. 592p

SALYANI, M. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. *Trans. Asae*, St. Joseph, v.31, n.6, p.1680-4, 1988.

SALYANI, M. Optimization of sprayer output at different volume rates. St. Joseph: ASAE, 1999. 16p. ASAE Paper No. 99-1028

SALYANI, M., WHITNEY, J.D. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. *Trans. Asae*, St. Joseph, v.31, n.2, p.390-5, 1988.

SARKER, K.U., PARKIN, C.S., WILLIAMS, B.J. Effects of liquid properties on the potential for spray drift from flat-fan hydraulic nozzles. In.: THE 1997 BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE, 1997, Brighton. *Proceedings...* Surrey : The British Crop Protection Council, 1997. p.555-60.

SAYLER, T. NDSU research yields more clues for improving fungicide application techniques. Disponível em: <http://www.smallgrains.org/>. Acesso em: 14 jul. 2006.

SCUDELER, F.; RAETANO, C.G.; ARAÚJO, D. de.; BAUER, F.C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. *Bragantia*: Campinas, v.63, n.1, p.129-139, 2004.

SDTF – Spray Drift Task Force. A summary of ground application studies. Missouri: SDTF, 1997. 6p.

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, O.C. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: Canteri, M.G.; Pria, M.D.; Silva, O.C. (eds.). *Principais doenças fúngicas do feijoeiro*. Ponta Grossa: UEPG, 1999. p.127-137.

SPRAYING SYSTEMS. *Catálogo 46M-BR/P*: produtos de pulverização para a agricultura. Diadema, 1999. 104 p.

SRIVASTAVA, A.K.; GOERING, C.E. ROHRBACH, R.P. Chemical Application. In: —**Engineering principles of agricultural machines**. St. Joseph: ASAE, 1993. p.265-324.

SRIVASTAVA, A.K.; GOERING, C.E.; ROHRBACH, R.P. Chemical application. In: *Engineering principles of agricultural machines*, St. Joseph: ASAE, 1994. p.265-324.

STEDEN, C. *Untersuchungen zum einfluß der tropfengröße auf die belagsbildung und die biologische wirksamkeit gegen Oidium tuckeri Berk. an reben*. Gießen, 1992. 118p. Inaugural Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Justus-Liebig-Universität Gießen, - Justus-Liebig-Universität Gießen.

SUMNER, P.E.; SUMNER, S.A. Comparison of new drift reduction nozzles. St. Joseph: ASAE, 1999.17p. ASAE Paper n.99-1156

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

TEIXEIRA, M.M.; DELGADO, L.M.; FIGUEIREDO, J.L.A. Efeito do volume de pulverização e da população de gotas na eficácia de tratamentos herbicidas, utilizando pulverizadores hidráulicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.115.

TOMPKINS, F.D., CANARY, D.J., MULLINS, C.A., HILTY, J.W. Effect of volume, spray pressure, and nozzles arrangement on coverage of plant foliage and control of snap bean rust with chlorothalonil. *Plant disease*, v.67, n.9, p952-3, 1983.

VAL, L.M., PÉREZ, F.J., CHULIÁ, I.F., BELLÓN, O., IBÁÑEZ, R. Penetracion e tamaño de gota en hoja de distintos sistemas de distribucion de productos fitosanitarios en cultivos de citricos. In.: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE MECANIZACION AGRARIA, 20, 1988, Zaragoza. *Proceedings...* Zaragoza: Asociacion Nacional de Ingenieros Agronomos, 1988. p.201-7.

VELLOSO, J.A.R. de O.; GASSEN, D.N.; JACOBSEN, L.A. *Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra.* Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1984. 52 p.

VOGEL, A.I. *Análise química quantitativa.* 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992. 712p.

WALKLATE, P.J. A simulation study of pesticide drift from an air-assisted orchard sprayer. *J Agric Engng Res*, London, v.51, p.275-284, 1992.

WILKINSON, R.; BALSARI, P.; OBERTI, R. Pest control equipment. In: STOUT, B.A. (Ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering.** St. Joseph: ASAE, 1999. v.3. p.269-310.

WOMAC, A.R.; MAYNARD, R.A.; KIRK, I.W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASAE**, v.42, p.609-616, 1999.