

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

**EFEITO DA ELETRIZAÇÃO DE GOTAS SOBRE A VARIABILIDADE
DOS DEPÓSITOS DE PULVERIZAÇÃO E EFICÁCIA DO
GLYPHOSATE NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS DA
CULTURA DA SOJA**

REGINALDO TEODORO DE SOUZA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia - Área de concentração em
Agricultura

BOTUCATU – SP
Outubro– 2002

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

**EFEITO DA ELETRIZAÇÃO DE GOTAS SOBRE A VARIABILIDADE
DOS DEPÓSITOS DE PULVERIZAÇÃO E EFICÁCIA DO
GLYPHOSATE NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS DA
CULTURA DA SOJA**

REGINALDO TEODORO DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini
Co-orientador: Dr. Luis Antonio Palladini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia - Área de concentração em
Agricultura

BOTUCATU – SP
Outubro – 2002

Aos meus pais,

Lazaro (in memoriam) e Maria

irmãos

Lia, Mauro (in memoriam), Nilce, Moacir e Jose Augusto

Ofereço

À minha esposa

Solange,

a meus filhos,

Rodrigo e Amanda,

pela paciência, amor, força para a realização deste trabalho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini, pela amizade, estímulo e orientação dedicada durante todo tempo da realização desta tese.

Ao Pesq. Dr. Luis Antonio Palladini pela co-orientação, pela amizade, sugestões e comentários apresentados.

Aos Professores Dr. João Nakagawa, Dr. Maurício Dutra Zanotto, Dr. Silvio José Bicudo, Dr. Dagoberto Martins, Dr. Carlos Gilberto Raetano pela amizade, apoio, colaboração e incentivo.

À CAPES, que com o apoio financeiro permitiu a realização deste curso de Pós-Graduação.

À AGCO do Brasil S/A na pessoa de Sergio Braun pelo pronto atendimento e apoio logístico para realização do trabalho com pulverizador eletrostático.

Aos amigos Cleber Maciel, Elza Alves, Marcelo Correa, Marco A. Silva, Cristina Mendonça, Cristiane Mendonça, Augusto G.F. Costa, Anderson Cavenagui, Gustavo Tofoli, Eduardo Negrisoli pelo apoio e colaboração em várias etapas na execução deste trabalho.

Aos amigos Otoniel M. Morais, Carlos Aragão, Edmilson Ruiz, Tomas Matuo, Edwin Palomino, Max Whendell, Celso Cardoso, Rita, Edson e Carolina, sempre presentes.

Aos amigos Reinoldo M. Rocha, Mauro Rosseto, Otávio Perin, Ubiratã Polônio, Antonio Carlos Marcoli, Eduardo Tomanik, Jamil Constantin pela confiança e estímulos prestados.

Aos docentes e funcionários do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal da FCA-UNESP, pela convivência e apoio nestes anos.

Aos colegas de Pós-Graduação do Departamento de Agricultura, pela saudável convivência nestes anos de convívio.

Às Sras. Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende de Freitas e Jaqueline de Moura Gonçalves do setor de Pós-Graduação da FCA/UNESP, pela prestabilidade na resolução dos problemas burocráticos.

Aos funcionários do laboratório de Matologia Sr. Armando, Beto e Dorival Pires, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1. Plantas daninhas, interferências e controle.....	7
4.2. Metodologias para avaliação de depósitos ou equipamentos de pulverização.....	11
4.3. Aspectos relacionados à tecnologia de aplicação.....	13
4.4. Pulverizações com carga eletrostática	16
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1. Experimento 1: Definição da metodologia	21
5.2. Experimento 2: Deposição da pulverização com e sem energia eletrostática	25
5.3. Experimento 3: Doses de herbicida sobre as plantas	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1. Estudos para aplicabilidade da metodologia	29
6.2. Estudo comparativo dos depósitos de pulverização com e sem carregamento eletrostático da calda.....	44
6.3. Doses pontuais:.....	57
7. CONCLUSÕES	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade dos depósitos de traçadores (simulando herbicidas aplicados em pós-emergência) em populações de *Brachiaria plantaginea* e *Commelina benghalensis* infestantes da cultura da soja e determinar a importância desta variabilidade para a definição das doses de herbicidas utilizados no controle das duas espécies. Utilizou-se o glyphosate como exemplo de herbicida. Os depósitos dos traçadores foram, também, avaliados em plantas da cultura. Os estudos foram conduzidos considerando dois equipamentos de aplicação (Condor S-12 e Spra-Coupe 3640), sendo que para o segundo, testou-se o efeito da eletrização, ou não, das gotas de pulverização sobre a deposição nas plantas daninhas e na cultura. Foram conduzidos três experimentos, o primeiro, utilizando-se o pulverizador de barra tratorizado modelo Condor S-12, com pontas de jato plano da série 110-SF-03, aplicando o volume de 250 L ha⁻¹ de calda preparada com 0,18% de corante azul brilhante e 0,18% de amarelo saturn yellow. Os alvos naturais utilizados foram: plantas de soja com 150 repetições; *B. plantaginea* no estágio de 2 a 8 folhas, coletadas na linha da cultura com 141 repetições; *B. plantaginea* e *C. benghalensis* nas entrelinhas com 150 e 50 repetições, respectivamente. Os alvos artificiais foram constituídos por lâminas

distribuídas a 0, 12,2 e 22,5 cm da linha da cultura. Após a aplicação os alvos coletados individualmente e lavados 30, 20 e 15 ml de água deionizada, para soja, lâminas e plantas daninhas, respectivamente. Estas originaram as amostras analisadas em espectrofotômetro, estimando-se o depósito de calda em $\mu\text{L planta}^{-1}$ e $\mu\text{L cm}^{-2}$ de área foliar. Foram ajustadas curvas de regressão entre os depósitos unitários e as frequências acumuladas, utilizando-se o modelo de Gompertz. As relações entre os depósitos máximos e mínimos foram de 7, 4, 10 e 6 para soja, *C. benghalensis* e *B. plantaginea* na linha e na entrelinha, respectivamente. As plantas de *B. plantaginea* da entrelinha receberam, em média, 32% a mais de depósito do que as plantas da linha. O segundo experimento foi conduzido na Fazenda Brasilândia, Montividiú-GO, utilizando o pulverizador Spra-Coupe 3640 equipado com pontas Teejet de jato plano TT11002 aplicando volume de 50 e 100 L ha⁻¹ de calda em aplicações com e sem cargas eletrostáticas, respectivamente. Para análise comparativa o primeiro volume foi convertido a 100 L ha⁻¹. A calda foi preparada com 0,15% de corante azul brilhante ou 0,525% de amarelo tartrasina, respectivamente. Com exceção da *B. plantaginea*, os alvos e procedimentos de análise foram os mesmos do experimento anterior. No terceiro estudo, em casa de vegetação com plantas daninhas semeadas em vasos, aplicou-se o herbicida glyphosate nas concentrações de 0,015 a 2% aplicando 10 e 20 $\mu\text{l planta}^{-1}$ com pipeta automática em plantas de *B. plantaginea* e *C. benghalensis*, respectivamente, avaliando-se o controle. As concentrações mínimas de glyphosate para obter 100% de controle das duas espécies foram 0,025 e 0,75%, respectivamente. A eletrização das gotas uniformizou os depósitos em *C. benghalensis*, permitindo reduzir em 6,36 e 2,79 vezes a dose teórica de glyphosate necessária para controlar 95% da população na linha e entrelinha, respectivamente.

Palavras chave: Deposição, Eletrostática, *B. plantaginea*, *C. benghalensis*, glyphosate

EFFECTS OF ELEKTROSTATIC CHARGING OF THE DROPLETS ON THE VARIABILITY OF SPRAY DEPOSITION AND THEORETICAL EFFICACY OF GLYPHOSATE TO CONTROL WEEDS IN SOYBEANS FIELDS. Botucatu, 2002. 73P. PHD Thesis in Agronomy (Field Crops) – Faculty of Agriculture of Botucatu, São Paulo State University.

Author: REGINALDO TEODORO DE SOUZA

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Co-adviser: LUIS ANTONIO PALLADINI

2. SUMMARY

The objective of this research was to study the variability of the individual deposits of tracers (simulating herbicides applied in post-emergence) on *Brachiaria plantaginea* and *Commelina benghalensis* infesting soybeans crop and to establish the effects of this variability in the rates of herbicides used to control these weed species. Glyphosate was used as an example of systemic post-emergence herbicide. The tracers deposits were evaluated also in the crop. It were used two spray equipments: Condor S12 and Spra-Coupe 3640. For the second equipment, it was applied droplets with ou without electrostatic energy. Three experiments were carried out. In the first one (Botucatu / São Paulo State – Brazil), the sprayer S-12, equipped with nozzles 110-SF-03, applied 250L ha⁻¹ of a solution containing 0,18% of each one of the dyes: FDC-1 and Satur-Yellow. As targets, it were used 150 plants of soybean; 141 and 150 plants of *B. plantaginea* located in the rows and between the rows of the crop, respectively; 150 plants of *C. benghalensis* located between the rows (this species was not observed in the rows) and 125 glass plates of 19,76 cm² (25 in the rows; 50 and 50 at 12,25cm and 22,5 from the rows). The spray deposits (µL plant⁻¹ or plate

and $\mu\text{L cm}^{-2}$) were individually estimated in each one of the 566 targets by washing them in de-ionized water and measuring the concentration of the dye FDC-1 concentration of FDC-1 in the solutions by spectrophotometry. The results for each type and position of targets were displaced on a increasing order and associated to accumulated frequencies from 0 to 100%. It were performed regression analysis according to the Gompertz model and using the individual deposits and the accumulated frequencies as independent and dependent variables, respectively. The values for the ratio maximum deposit / minimum deposit were 7, 4, 10 and 6 for soybean, *C. benghalensis* and *B. plantaginea* in the rows and between the rows, respectively. The average deposits were 32% superior in the plants of *B. plantaginea* located in the rows, when compared to the plants between the rows. In the second experiment (Montividiu / Goias State – Brazil), the sprayer Spra-Coupe 3640, equipped with nozzles TT11002, worked at 18 and 9 km h^{-1} , applying 50 and 100 L ha^{-1} of solutions containing 0,15% of FDC-1 and 0,525% of Tartrasin-Yellow, respectively. Except for the absence of *B. plantaginea*, all the procedures, for each treatment, were similar to those adopted in the first experiment. In the third experiment, carried out under greenhouse conditions, glyphosate was applied in different rates, using micro-syringe, to plants of the two studied weed species. The objective was to establish the amount of the herbicide necessary to kill 100% of the test plants. Considering these two experiments, it was observed that the use of charged droplets reduced the variability of the deposits on *C. benghalensis* located in the rows and between the rows of the crop, allowing to reduce of 6,36 and 2,79 times the rates of glyphosate necessary to control 95% of the plants in the rows and between the rows of the crop, respectively.

Keywords: deposition, eletrostatic, *Brachiaria plantaginea*, *Commelina benghalensis*

3. INTRODUÇÃO

A cultura da soja além de sua relevante importância econômica para o país gera um mercado paralelo, bastante diversificado, para sua implantação e condução. Nesse mercado, estão incluídos os produtos fitossanitários que são necessários para manter a produtividade da cultura em níveis elevados, proporcionando maior rentabilidade ao produtor.

Quanto aos herbicidas existem, atualmente, cerca de 60 ingredientes ativos recomendados para a cultura, entretanto, a liberação de transgênicos pode alterar rapidamente a proporção de uso dos mesmos. Mesmo assim, é comum encontrar relatos de produtores e na literatura científica, sobre o controle parcial e algumas vezes insatisfatório, das plantas daninhas, utilizando-se herbicidas comprovadamente tidos como eficientes dentro das doses recomendadas para determinadas espécies em estágio de desenvolvimento ideal para aplicação. Isto tem sido constantemente atribuído a resistência de plantas mas não tem sido atentado à possibilidade de falhas na aplicação do herbicida com depósito insuficiente do ingrediente ativo em parte da população de plantas daninhas existentes na área.

A deposição e perdas de produtos são influenciadas pelas características de trabalho dos pulverizadores, pela velocidade de vento, evaporação, altura da cultura e condições meteorológicas, arquitetura da planta, características morfológicas (pilosidade, cerosidade), estágio de desenvolvimento, volume de aplicação. Para aumentar a deposição e diminuir as perdas, alternativas tais como: alterações no volume de aplicação, produto, tipos de pontas, uso de adjuvantes, uso de sistema de pulverização com carga eletrostática entre outros tem sido utilizados.

Mesmo assim, a variabilidade dos depósitos de produtos nas pulverizações em plantas é grande e muitas vezes a análise de resultados pode ser prejudicado pelo uso somente de médias de amostras da população, que não permitem avaliar com segurança o desempenho das máquinas no campo, nem quantificar o depósito de produtos no alvo em função do uso de diferentes equipamentos e sistemas de pulverização.

Em decorrência disto, a determinação dos depósitos unitários ou pontuais em alvos naturais, ou seja, plantas amostradas individualmente numa parcela tratada podem ser eficientes para verificar a deposição proporcionada por diferentes equipamentos ou tecnologias, mostrando aspectos qualitativos e quantitativos da pulverização.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar a metodologia para determinação dos depósitos unitários e verificar a influência do uso de sistema eletrostático de pulverização em aplicações pós-emergentes na deposição sobre a cultura da soja e diferentes plantas daninhas, proporcionando subsídios para determinar a dose de herbicida necessária para o controle pontual das mesmas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Plantas daninhas, interferências e controle

A *Commelina benghalensis* (trapoeraba), é uma invasora muito agressiva, infestando intensivamente lavouras de culturas anuais de verão, particularmente a cultura da soja. Esta espécie de trapoeraba é praticamente a única que ocorre na cultura da soja, causando forte interferência na produtividade, dificultando a colheita e aumentando o teor de umidade dos grãos. Sua reprodução pode ocorrer também por sementes subterrâneas com flores modificadas nos rizomas, formando-se sementes, um pouco maiores que as sementes das flores aéreas, e com capacidade de germinar e emergir desde cerca de 12 cm de profundidade, o que pode prejudicar ação de herbicidas no solo. Suas folhas apresentam bainha membranácea, com até 2 cm de comprimento, envolvendo uma porção do ramo e protegendo as gemas; essa proteção impede um contato direto de herbicidas com as gemas (Kissmann, 1991).

Os prejuízos causados pela trapoeraba na cultura da soja já foram observados por diversos autores. Karan et al. (1993), por exemplo, observaram que aos 84 dias

após a emergência da soja convivendo com trapoeraba, houve redução de 29% no peso seco de vagens da cultivar de soja BR-16.

A *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada) é uma planta anual, reproduzida por sementes, que apresentam baixa viabilidade logo após a maturação, porém, passado o inverno o poder germinativo aumenta. Com a chegada do inverno, no fim do outono, as plantas terminam o ciclo e morrem (Kissmann, 1991). É uma das plantas daninhas mais frequentes nos solos cultivados das regiões Centrais e do Sul do país e particularmente a mais importante em culturas anuais de verão (Lorenzi, 1991).

Um dos herbicidas mais utilizados para o controle das plantas daninhas citadas é o glyphosate, que, desde sua introdução no mercado, tem demonstrado alta efetividade e amplo espectro de ação em plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas, tanto em espécies anuais quanto em perenes. Sua grande eficácia tem sido notada também no controle de plantas daninhas perenes devido a sua efetiva absorção foliar desse herbicida em qualquer tecido fotossinteticamente ativo. Uma vez absorvido se transloca rapidamente via simplasto às regiões de ativa demanda por carboidratos em caules, raízes e outros órgãos subterrâneos, como bulbos, tubérculos, etc. Além disso, uma vez absorvido, o glyphosate não é facilmente degradado naturalmente por um grande número de plantas. Isto tem sido de grande importância no controle de plantas daninhas mais resistentes, que apresentam enraizamento profundo ou que produzem propágulos vegetativos. Apesar do seu amplo espectro de ação existem algumas plantas daninhas que são bastante tolerantes ao herbicida, dentro destas se encontram espécies dos gêneros: *Commelina*, *Malva*, dentre outros. A atividade e eficácia de glyphosate, como de outros herbicidas pós-emergentes, podem ser modificadas por um conjunto de fatores: condições ambientais, estágio de desenvolvimento de

plantas daninhas, período livre de precipitações logo após as aplicações, adição de adjuvantes, qualidade da água, etc. (Kogan, 1997)

Machado Neto & Lusvarghi (1980) ao verificar a eficiência de glyphosate nas dosagens de 0,96; 1,92; 3,84; e 4,84 kg i.a.ha⁻¹, observaram que o efeito foi bastante evidente sobre *Indigofera hirsuta* e *Althernantura ficoidea* mesmo na dose mais baixa; em *Digitaria sanguinalis* e *Sida glaziovii* o controle foi efetivo em dosagens acima de 0,96 kg i.a. ha⁻¹ e em *Richardia brasiliensis* apenas em doses acima de 3,84 kg i.a. ha⁻¹. Em *Euphorbia heterophylla* o produto apresentou efeito herbicida pouco satisfatório, muito embora o crescimento da planta fosse sensivelmente retardado e mesmo paralisado nas dosagens de 3,84 e 4,84 kg i.a. ha⁻¹. Dentre as espécies de menor importância na área verificou-se alta sobrevivência de *Commelina erecta* e de *Ipomea aristolochiaefolia*. Com o objetivo de entender este problema, os autores instalam ensaios com "stands" puros de *Commelina erecta* e *I. aristolochiaefolia* utilizando a mesma metodologia do ensaio anterior. Para *I. aristolochiaefolia* a dosagem superior a 2,88 kg i.a. ha⁻¹, foi bastante efetiva sugerindo que a planta daninha, devido a seu hábito de crescimento, sob outras plantas, havia sido protegida do herbicida no primeiro experimento. A *C. erecta* foi bastante tolerante ao produto não havendo morte de plantas, mesmo nas doses mais elevadas, entretanto ocorreu intensa queda das folhas mais velhas e o florescimento foi inibido por qualquer das dosagens de glyphosate testadas.

Vários trabalhos publicados têm demonstrado a eficácia do glyphosate no controle de plantas daninhas. Darío et al. (1993) observaram eficiência no controle de picão-preto com 2, 3 e 6 L ha⁻¹ (0,96; 1,44 e 2,88 kg i.a. ha⁻¹) e controle de capim-marmelada nas dosagens de 1 a 6 L ha⁻¹. Trabalhando com as mesmas dosagens (0,96 a 2,88 kg i.a. ha⁻¹)

de glyphosate, Sakai & Rayashi (1995) verificaram 100% de controle de plantas adultas de picão-preto (45 a 60 cm de altura). Marochi (1996), obteve controle acima de 95% em *Digitaria horizontalis* e *Brachiaria plantaginea*, com *Bidens pilosa* resultados mostraram 90% de controle com 6 e 8 horas sem chuva, na dosagem de 0,96 kg i.a. ha⁻¹ de glyphosate. Leite (1995) observou 85% de controle com dosagens de 0,36 kg i.a. ha⁻¹ de glyphosate em *B. plantaginea*.

Com a ajuda da biotecnologia é possível introduzir novas características que permitam às plantas realizar tarefas biológicas que não eram possíveis anteriormente. O glyphosate atua nas plantas como inibidor enzimático. A resistência ao herbicida Roundup Ready (RR) é condicionado por um gene dominante, que uma vez incorporado à planta de soja, por exemplo, neutraliza a ação do glyphosate (Foloni et al., 1999a). Foloni et al. (1999b), testaram a eficiência de Roundup Ready (Mon 77280) sobre diversas plantas daninhas, observaram que este herbicida controlou as plantas daninhas presentes exceto *Ipomoea grandifolia*, *Euphorbia hirta* e *Acanthospermum australe* e o herbicida foi seletivo a cultura da soja.

Ao avaliarem o comportamento do glyphosate, aplicado na soja BR-16 RR (tolerante a esse produto) para controle de plantas daninhas Gazziero et al. (1999), observaram controle total de capim-marmelada com dosagens a partir de 1,2 kg i.a. ha⁻¹. Para amendoim-bravo, a partir das mesmas dosagens ou seqüencial de 0,48+0,48 Kg i.a. ha⁻¹ em plantas com 6 a 8 folhas foi observado excelente controle. Para trapoeraba foram obtidos resultados satisfatórios com aplicação seqüencial.

Rocha (2001), observou que o herbicida carfentrazone isolado ou em mistura com glyphosate foi eficiente no controle de *C. benghalensis*, e no primeiro dia após a

aplicação as plantas já apresentaram sintomas severos que as levaram à morte, entretanto, glyphosate a 960 g i.a. ha⁻¹ aplicado isoladamente não foi eficiente, apresentando 23 % de controle aos 28 dias.

Como se pode observar com referência à eficiência do produto glyphosate, com resultados concordantes e discordantes de diversos autores com relação a dose e comportamento de cada espécie daninha ao herbicida. Dentre outros fatores que podem influir na eficiência do produto citado ou de qualquer outro, quando levados a campo pelos agricultores é a maneira como ele é aplicado ou por limitações dos equipamentos utilizados.

4.2. Metodologias para avaliação de depósitos ou equipamentos de pulverização

Para avaliação do depósito de calda de pulverização, há diversas opções de metodologia: através da utilização de alvos artificiais (tiras de papel, lâminas de vidro), colocados próximos as alvos reais (folhas, caules, solo, etc.); papéis sensíveis, que mostram as gotas apenas em função da sensibilidade à umidade, utilização de corantes especiais, como fluorescentes (sensíveis sob luz ultra-violeta) e uso da condutividade elétrica para determinação de concentrações de defensivos agrícolas, técnica esta que permite a utilização de alvos reais (Tomazela, 1997).

Yates & Akesson (1963) ao testar traçantes fluorescentes em análises quantitativas, definiram que soluções traçadoras devem ser sensíveis a detecção, possibilitar o uso em análise quantitativa com rapidez, ser solúveis quando misturados à calda, com efeito físico mínimo na pulverização e a menor evaporação das gotas, ter propriedades distintas para se diferenciar de outras substâncias, ser estável, atóxica e de baixo custo.

Palladini (2000), ao estudar a viabilidade de vários traçantes em estudos de deposição, concluiu que a mistura do pigmento Saturn Yellow suspenso em lignosulfonatos com o corante Azul Brillhante proporcionou uma solução traçadora adequada para avaliações qualitativas e quantitativas dos depósitos obtidos nas pulverizações no campo, com a vantagem de ser estável à luz solar, de não ser absorvida pelas folhas e de manter a solução na mesma tensão da água, possibilitando reduções aos níveis proporcionados pelas diferentes concentrações dos produtos ou de acordo com a necessidade do trabalho.

Bauer & Raetano (2000), estudaram a influência da assistência de ar na deposição e perdas em pulverizações na cultura da soja utilizando traçantes minerais para determinação dos depósitos concluiu que a assistência de ar junto a barra de pulverização promoveu significativo aumento da deposição nas porções médias e, principalmente, inferior das plantas de soja, redução significativa da deriva em relação ao equipamento sem assistência de ar e as perdas para o solo foram maiores sem o uso de assistência de ar.

Souza et al. (2000a) utilizou a metodologia descrita por Palladini (2000) para determinar os depósitos pontuais de calda de pulverização em *Acanthospermum* sp aplicados em pós-emergência na cultura da soja e verificou alta variabilidade dos depósitos. Na mesma linha de pesquisa Souza et al. (2000b), estudaram a deposição de calda de pulverização em reboleiras de tiririca, observando também, alta variabilidade dos depósitos, entretanto, nestes trabalhos não houve estudo sobre as limitações ou parâmetros para utilização de alvos naturais em trabalhos para determinação dos depósitos unitários ou pontuais em estudos comparativos de máquinas.

Tofoli (2001) estudou o efeito do tamanho de alvos artificiais e condições operacionais sobre a uniformidade de deposição de pulverizações em pré-

emergência com diferentes traçantes minerais, concluiu que o estudo da distribuição dos depósitos pontuais é fundamental para avaliação da qualidade da pulverização em pré-emergência e a irregularidade de depósitos proveniente da pulverização, pode levar a necessidade de aumentos na dose aplicada, que podem variar de 1,2 a 5,8 vezes da dose, para manter a mesma porcentagem de controle, dependendo da ponta utilizada e do tamanho de alvo.

Chain et al. (1999) descreveu um método alternativo para estimar a deposição de agrotóxico com uso de papel sensível à água, utilizando um método matemático que utiliza microscopia ótica para medição das gotas, permitindo a converção do diâmetro das manchas ou impressões de gotículas de pulverização em volume por centímetro quadrado, estimando assim, o volume das gotas que atingem determinada área, por meio da medição das impressões criadas em alvos artificiais, cujos diâmetros são corrigidos pelos respectivos fatores de espalhamento; classificando as gotas em diversas faixas de tamanho e o volume calculado em função da sua densidade por centímetro quadrado.

4.3. Aspectos relacionados à tecnologia de aplicação

O produto fitossanitário deve exercer a sua ação sobre um determinado organismo, portanto é necessário que o alvo seja atingido. Qualquer quantidade de produto químico (ou agente de outra natureza) que não atinja o alvo não terá qualquer eficácia e estará representado como uma forma de perda (Matuo, 1998).

A deposição de produtos aplicados sobre plantas daninhas normalmente se apresenta de forma irregular e entre os fatores que afetam a aplicação

eficiente de defensivos agrícolas por pulverizadores equipados com barras horizontais é a manutenção da barra em uma altura constante do solo durante a pulverização (Fedrizzi et al., 1995). Kaul et al. (1996), relatou que a deposição e perdas do produto são influenciadas pela velocidade de vento, altura de barra (distância do alvo), espectro ou tamanho de gota, evaporação, largura de trabalho, velocidade de deslocamento do trator, altura da cultura e condições climáticas.

O sucesso de um programa de tratamento fitossanitário, na agricultura, depende fundamentalmente da utilização de produto de eficiência comprovada e de uma tecnologia desenvolvida para sua aplicação, ficando ainda condicionada ao momento de sua realização e à influência de fatores meteorológicos, biológicos e agrônômicos incontroláveis (Ozeki & Kunz, 1998). Segundo os autores, os modernos conceitos de aplicação de defensivos, quatro são os pontos a serem considerados, como fundamentais, para se obter pleno êxito na preservação das colheitas, anulando-se a competição por parte das plantas invasoras: “timing” (ou momento oportuno), cobertura, dose correta e segurança.

Um dos fatores mais importantes na análise de barras de pulverização está ligado a altura de trabalho entre a ponta e o alvo. Esse fator sofre grande influência à medida que a barra tem sido aumentada (oscilações verticais) com a finalidade de aumentar a capacidade de campo operacional. Nesse caso, nessas máquinas, é necessário conter sistemas de auto-equilíbrio (trapézio com par de links em "A" ou "V", suspensão com pivô horizontal, entre outros) bem como sistema de molas e amortecedores próprios para amenizar esses movimentos em função do comprimento das barras e da topografia do terreno. É comum encontrarmos no campo, grandes falhas de aplicação por falta de conhecimento adequado do funcionamento dessas estruturas (suspensão com pivô central travado) e por falta de

investimentos e manutenção das mesmas. Atualmente, existem sistemas de suspensão ativas que utilizam sensores com ultrassom, ligados a cilindros hidráulicos, que ajustam a altura de barra, garantindo assim melhor uniformidade no campo.

O efeito da altura de barra pode influenciar na qualidade de distribuição da pulverização, sendo o fator mais visível aos olhos dos produtores e operadores. Porém, para os técnicos, o movimento horizontal da barra deve ser analisado com muito critério, já que em alguns momentos, a ponta da barra pode ter velocidade zero causando acúmulo na quantidade de produto aplicada e, no momento seguinte, uma velocidade maior do que a do pulverizador, acarretando uma distribuição menos concentrada que a esperada na calibração do equipamento. Barras maiores são normalmente travadas por um sistema de "mão francesa" ou tirantes que garantem que não ocorra movimento horizontal exagerado (Pío, 1997).

Nordby & Skuterud (1974) ao estudar os efeitos da altura de barra, pressão de trabalho e velocidade do vento sobre a deriva observaram que sob condições ideais, e com equipamento de pulverização corretamente ajustado, o total de deriva era de 1,4% de volume de calda aplicado e sob condições desfavoráveis, e com ajustes errados do pulverizador (altura de barra e pressão) a deriva foi de 37%. Os autores concluíram que as pulverizações no campo não deveriam ser realizadas em velocidades de vento a mais de 3 m s⁻¹, a altura de barra deveria ser aproximadamente 40 cm, e a pressão de trabalho não deveria exceder 2,5 bar.

O comportamento dinâmico do sistema global da pulverização é composto pelas características do bico de pulverização, dinâmica dos pulverizadores de barra e dinâmica do sistema trator e pulverizador (Iyer & Wills, 1978)

As distribuições da pulverização obtidas com um pulverizador de barra podem ser severamente perturbadas por vibrações da barra (Ramon & Langenakens, 1996), quando investigaram três adaptações simples para determinar a influência do movimento na distribuição da calda. Além da possibilidade de aumentar a altura da barra e diminuir a distância entre os bicos, foi mostrado para isto que bicos montando a um ótimo ângulo de torção reduziram o efeito negativo de vibrações de barras na distribuição da calda depositada. Tomazela (1997), utilizando bicos de pulverização de jato plano, observou que o posicionamento dos bicos de pulverização a 15° e 30° contra e a favor da movimentação do veículo, aumentou o depósito de calda nas plantas de *Brachiaria plantaginea*.

Desta forma, a manutenção dos pulverizadores, a regulação dos equipamentos, mantendo a pressão de acordo com as especificações das pontas utilizadas, e permitindo-se pequenas alterações no ângulo das pontas na execução das aplicações é possível melhorar a deposição e reduzir perdas na utilização de equipamentos convencionais. A utilização de recursos adicionais como a utilização de pulverizadores com assistência a ar ou sistemas de pulverização eletrostática, embora sujeitos aos mesmos fatores inerentes às pulverizações de modo geral otimizam os depósitos em alvos biológicos e conseqüentemente, reduzem as perdas.

4.4. Pulverizações com carga eletrostática

Sobre a pulverização com sistema eletrostático, Law (1987), explica que a força elétrica foi incorporada com sucesso nas aplicações de produtos fitossanitários basicamente melhorando o processo de deposição de gotas. Law (2001), afirmou também que

os benefícios da força eletrostáticos são devido à correta deposição de produtos em determinados locais dentro das plantas, onde os sistemas convencionais, usando a gravidade e a inércia das gotas não são eficientes.

Segundo Matthews (1989), três técnicas de carregamento eletrostático de pulverizações são utilizadas na agricultura: indução de carga de líquidos condutivos, campo ionizado de líquidos condutivos ou não condutivos e carregamento direto de líquidos semi-condutivos.

A indução eletrostática ocorre entre dois corpos mantidos sob diferentes potenciais, separados por determinada distância. Nessa situação, forma-se um campo elétrico, acumulando-se as cargas positivas no corpo mantido em potencial positivo e, as negativas, no outro. Assim, se um dos corpos constitui-se de um fluxo de líquido aterrado. Serão acumuladas cargas na sua superfície, as quais, posteriormente, serão levadas com as gotas. À medida que as cargas são levadas pelas gotas, novas cargas, novas cargas fluem da terra para a superfície do líquido que está sendo pulverizado, no sentido de restabelecer o equilíbrio da indução (Chaim et al.,1999)

O carregamento por campo ionizado é conseguido pela aplicação de alta voltagem em uma haste pontiaguda, criando um intenso campo elétrico ao redor desta, sendo suficiente para ionizar moléculas de ar circundantes na ponta da haste. Condutores carregados positivamente, repelem os íons positivos formados, quando os elétrons são liberados no processo de ionização serão atraídos pelo condutor e neutralizando algumas destas cargas. Para condutores negativamente carregados o inverso é verdadeiro (Matthews, 1989).

A descarga originada pelo campo elétrico de alta intensidade é denominada “corona”. O nível de carga depende da constante dielétrica da partícula, de sua área externa, do tempo de permanência da partícula na região ionizada e da concentração e mobilidade dos íons (Law, 1978; citado por Chaim, 1984). Este autor definiu também, o carregamento direto, como um processo que se caracteriza pela transferência direta de carga, por condução, a um jato líquido e subsequentemente à gota, no instante de sua formação. Se um excesso de carga livre for mantido num bico de pulverização pela sua conexão a uma fonte de alta voltagem, as gotas produzidas podem ser afetadas.

A cobertura de pulverização está relacionada com o volume de aplicação, taxa de recuperação (porcentagem do volume aplicado captado pelo alvo), fator de espalhamento das gotas, superfície vegetal existente no hectare e diâmetro das gotas (Courshee, 1967; citado por Matuo, 1998).

Em aplicações de alto volume geralmente consegue-se um bom grau de cobertura, mesmo se empregado gotas grandes. O aumento da taxa de recuperação, em condições normais se consegue utilizando tamanho de gotas mais eficientemente coletado pelo alvo. Considerável avanço para aumento no valor desta taxa também é conseguido ao carregar as gotas eletrostaticamente. Gotas eletricamente carregadas induzem na superfície do alvo carga elétrica de sinal contrário, que imediatamente são atraídas eletrostaticamente, aumentando consideravelmente a taxa de recuperação (Matuo, 1998).

Gotas pequenas, devido às suas pequenas massas, possuem pouca energia cinética, o que faz com que suas coletas pelo alvo sejam reduzidas e também a deriva seja bastante acentuada. Assim, as vantagens esperadas, de maior eficiência e da utilização de menor volume de calda, somente se verificam em condições muito especiais. Para que as gotas

pequenas sejam eficientemente coletadas, minimizando os processos de perdas, seria necessário acrescentar uma força extra carregando-as eletricamente. Tal sistema permite um melhor controle do movimento das gotas no ar, inclusive contra a gravidade, onde as gotas carregadas se depositam até mesmo na página inferior das folhas (Chaim, 1984).

A manutenção da carga em nuvens de pulverização eletrificadas direcionando as gotas carregadas para o alvo foi investigado por Law (1987), quando observou que a neutralização da nuvem carregada por íons naturalmente presentes no ambiente não provocam uma significativa perda de carga; nuvem de pulverização moderadamente carregada ($15 \mu\text{C m}^{-3}$) tem que atravessar 30 km para encontrar cargas iguais por íons presentes no ar (3000 vezes) maior do que a distância que um pesticida pode percorrer e 200 segundos se caracteriza para neutralizar 63% de uma nuvem carregada estacionária pela migração de íons do ar (aproximadamente 100 vezes maior que o tempo necessário para um pesticida atingir o alvo).

A maior parte dos pesticidas é aplicada utilizando-se como veículo a água, assim as gotas formadas com a pulverização estão sujeitas à evaporação, Law & Bowen (1975) teoricamente e experimentalmente, determinaram o fenômeno de perda de carga das mesmas e concluíram que a evaporação provoca perda de massa da gota mas não provoca perdas significativas de carga. Ocorre um aumento da densidade de carga na superfície da gota quando esta diminui ao limite crítico de Rayleigh, quando ocorreria desequilíbrio hidrodinâmico, havendo ruptura da gota. Aproximadamente, 30% da carga da gota seria lançada em 5% de sua massa com as rupturas na superfície; podendo o processo ocorrer sucessivamente. Embora ocorra perda de carga da gota inicial para as recém formadas, a carga global da nuvem de pulverização é conservada e a maior mobilidade elétrica das gotas recém

formadas oferece opções na sua trajetória com possível benefício no efeito biológico desejado. Igualmente, a exploração do desequilíbrio de Rayleigh foi desenvolvida teoricamente por Law e Bowen (1988) como um processo para melhorar a pulverização de gotas carregadas sobre culturas em aplicações aéreas.

A maioria dos trabalhos encontrados sobre sistemas eletrostático de carregamento de gotas tiveram o objetivo de verificar sua eficiência no controle de pragas e doenças, entretanto, Coffe & Rivett (1982) apresentaram alguns resultados para controle de plantas daninhas em pós-emergência da beterraba, comparando o controle de aveia (*Avena fatua*) em aplicações de fluazifop-butyl a 50 e 100 g. i.a. com volume de 0,5 L ha⁻¹ para gotas carregadas com pulverizador electrodyn com resultados iguais às pulverizações com volume de 200 L ha⁻¹ aplicados com pulverizador convencional. Resultados semelhantes foram obtidos na cultura da colza no controle de cevada voluntária em pós-emergência.

O herbicida chloridazon na dosagem de 2 a 4 kg ha⁻¹ e volume de aplicação de 6 L ha⁻¹ apresentaram bom controle de plantas daninhas de folhas largas (*Chenopodium album*, *Polygonum convulvus* e *Stellaria media*) aplicados em pós-emergência na cultura de beterraba açucareira. Em aplicações de chlortolurum, também com pulverizador eletrodinâmico e volume de calda de 9 L ha⁻¹ observou controle similar aos equipamentos convencionais ou sem o uso das gotas energizadas (Parham, 1982).

Starr et al. (1999), testando vários herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja, observaram controle de plantas daninhas utilizando o pulverizador automotriz, modelo Spra Coupe, com e sem o uso de sistemas de pulverização eletrostática em níveis de 75,5 a 100% e 55 a 100%, respectivamente, e concluíram que o uso de pulverização eletrostática indicou níveis mais consistente no controle de plantas daninhas.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Experimento 1: Definição da metodologia

5.1.1. Local e data

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu – SP, em dezembro de 1999. As avaliações foram processadas e analisadas no NUPAM (Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal, setor de Agricultura da FCA/UNESP - Campus de Botucatu – SP.

5.1.2 Equipamentos e material

Para a realização das pulverizações utilizou-se o pulverizador tratorizado de barras, Modelo Condor S-12, marca Jacto, com as seguintes características: tanque de 600 litros, de polietileno, bomba de 75 L min^{-1} , agitação mecânica, levantador de carretilha, faixa de aplicação de 12 metros, com 25 porta bicos Bijet com válvula antigotejo equipados com pontas de jato plano da série 110-SF-03, espaçados de 50 cm, posicionada a

50 cm de altura dos alvos, trabalhando na pressão constante de 3 bar e velocidade de deslocamento de $4,8 \text{ km h}^{-1}$, aplicando o volume de calda de 250 L ha^{-1} .

A solução traçadora aplicada a calda foi constituída do corante Azul Brilhante (FD&C 1) a 0,184% e o pigmento fluorescente Saturn Yellow, também a 0,184% solubilizado com Vixilpersi a 0,015%, conforme metodologia descrita por Palladini (2000).

5.1.3. Alvos

Os alvos naturais utilizados foram: plantas de soja no estágio fenológico de 2 a 4 trifólios, coletadas aleatoriamente com 150 repetições; capim-marmelada no estágio de 2 a 8 folhas, coletado na linha da cultura com 142 repetições; capim-marmelada das entrelinhas (eliminando somente os espaços determinados como pertinentes à linha) com 150 repetições e trapoeraba no estágio de 2 folhas, coletadas somente na entrelinha com 50 repetições.

Os alvos artificiais foram constituídos por lâminas de microscópios distribuídas na linha da cultura, entre a linha e o centro das ruas de soja (ou a 11,25 cm da linha) com 50 repetições e lâminas de microscópio dispostas no centro das ruas (22,5 cm da linha) com 25 repetições.

5.1.4. Condições climáticas

As aplicações foram realizadas às 10:00 horas, com a velocidade média do vento de $3,5 \text{ km h}^{-1}$, temperatura de 27 °C e umidade relativa do ar a 76%.

5.1.5. Coleta dos alvos, lavagem e preparo das amostras

Após a aplicação, os alvos naturais e artificiais foram coletados individualmente e armazenados em sacos plásticos. Em seguida as amostras foram

transportadas para o laboratório, para a remoção do depósito com diferentes volumes de água deionizada, conforme o alvo. Para a soja utilizou-se 30 ml, para as lâminas 20 ml e para as plantas daninhas 15 ml. A solução da lavagem foi armazenada em recipientes de pvc, para posteriormente determinar quantitativamente o depósito do traçante.

5.1.6. Leitura das Amostras e análise dos dados

A determinação da quantidade do traçador depositada, em cada amostra, foi realizada com o espectrofotômetro de duplo feixe, modelo Cintra 40, operando com 10 mm de caminho ótico, cujos resultados em absorvância no comprimento de onda a 630 nm foram transformados em mg L^{-1} de acordo com coeficiente angular da curva padrão.

As concentrações em ppm foram transformadas em volume pela expressão matemática: $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$ onde:

C_i = Concentração inicial da calda de aplicação (mg L^{-1}).

V_i = Quantidade inicial em ml que depositou nos diferentes alvos.

C_f = Leitura da concentração final da amostra (mg L^{-1}).

V_f = Volume final de água em ml utilizado na lavagem de cada alvo

O produto desta expressão matemática foi multiplicado por 1000, para que se obtesse o volume em μL por planta e dividido pela área foliar para obter os resultados em $\mu\text{L cm}^2$.

Os valores dos depósitos em porcentagem foram ajustados pelo modelo de Gompertz:

$$\text{Frequência Acumulada (\%)} = e^{[a - e^{(-b - c \cdot x)}]} \quad \text{Modelo de Gompertz}$$

Como as frequências acumuladas tendem ao valor de e^a . Atribuiu-se o valor 4,605170 para o parâmetro a , de modo que $e^a = 100$ (Velini, 1995):

$$y = e^{a - e^{-b-c \cdot x}}, \text{ onde:}$$

x = depósitos em $\mu\text{L planta}^{-1}$ ou $\mu\text{L cm}^{-2}$

b = valor estimado pelo modelo

c = valor estimado pelo modelo

Este modelo apresenta-se assimétrico em relação ao seu ponto central; ao contrário do modelo logístico. Por consequência, a primeira derivada deste modelo apresenta-se também assimétrica. São apresentadas, a seguir, as expressões algébricas da primeira (G') e segunda (G'') derivadas do modelo de Gompertz. Os gráficos da segunda derivada não são apresentados neste trabalho, mas esta expressão é utilizada para cálculo da moda (no valor modal, G' é máximo e G'' é nulo). A mediana pode ser calculada igualando-se a própria expressão que representa as frequências acumuladas a 50. As modas e medianas podem então ser calculadas pelas expressões.

$$G' = c \cdot e^{[a - b - c \cdot x - e^{-b - c \cdot x}]}$$

$$G'' = c^2 \cdot [1 - e^{-b - c \cdot x}] \cdot e^{[a - b - c \cdot x - e^{-b - c \cdot x}]}$$

$$\text{Moda} = -b / c$$

$$\text{Mediana} = (\ln(a - \ln 50) + b) / c = (\ln(a - 3,912) + b) / c$$

Para comparar os depósitos nas plantas daninhas coletadas na linha e entrelinha, além do total amostrado, foi realizada uma seleção das plantas por área foliar, com valores médios semelhantes e valores extremos dentro de um mesmo intervalo para verificar a

interferência do estágio de desenvolvimento sobre os depósitos em *Brachiaria plantaginea*. A cultura foi dividida em três classes distintas denominadas: menores, intermediárias e maiores. Para trapoeraba, em função do menor número de repetições da população total amostrada, foi dividida em classes denominadas: maiores e menores. Estudos estes, necessários para verificar a viabilidade do método para uso em análises comparativas para diferentes equipamentos, por exemplo, quando não houver a possibilidade de amostrar os mesmos alvos para diferentes tratamentos.

5.2. Experimento 2: Deposição da pulverização com e sem energia eletrostática

5.2.1. Local

Este experimento foi realizado no dia 9 de dezembro de 2000 na Fazenda Brasilândia, município de Montividiú, Goiás.

5.2.2. Equipamentos e material

Para a pulverização deste experimento foi utilizado um pulverizador eletrostático, automotriz, Modelo SPRA-COUPE 3640, marca AGCO, com tanque de 1116 litros, de polietileno, contendo um tanque secundário com capacidade de 40 litros, para armazenar o líquido a ser transferido para ser carregado eletricamente antes da sua distribuição para os bicos. As barras são articuladas com largura total de 18,0 metros, dispendo de sistema hidráulico para recolhimento e ajuste de altura das extremidades, com 36 porta bicos múltiplos com válvula antigotejo equipados com pontas Teejet de jato plano TT11002 espaçado de 50 cm e posicionada a 50 cm de altura dos alvos. A pressão de trabalho foi de 40 lbf po² e velocidade de 18 e 9 Km h⁻¹, as quais proporcionaram volume de 50 e 100 L ha⁻¹ de calda, com aplicações com e sem cargas eletrostáticas, respectivamente.

Em função do reduzido número de trabalhos encontrados na literatura com pulverizações eletrostáticas utilizando-se o pulverizador testado e recentemente disponível no mercado brasileiro, a escolha da ponta utilizada se baseou em depoimentos de produtores ao fabricante argumentando que os melhores resultados nesta modalidade de aplicação estariam sendo alcançados com a ponta TT 11002, que na pressão trabalhada apresenta gotas de padrão médio a grosso, conforme informativo distribuído pelo fabricante. Os volumes de aplicação com e sem eletrização das gotas não foram um objetivo em si, mas a consequência do ajuste das demais variáveis de modo a serem obtidas condições operacionais representativas das utilizadas na região para aplicação de herbicidas de pós-emergência inicial.

Para comparação entre os dois sistemas de pulverização, foi necessário o ajuste matemático na concentração da calda de pulverização com uso de energia. Desta forma as análises foram realizadas, igualando os volumes de aplicação em 100 L ha^{-1} .

Neste experimento utilizou-se duas soluções preparadas em tambores de 50 litros, agitadas manualmente. Uma com corante azul brilhante FD&C-1 (0,14% p/v) na concentração de 0,032 % e outra com amarelo tartrasina na concentração de 0,112 %.

A escolha destes corantes foi com base nos estudos realizados por Palladini (2000) que observou que o corante Azul Brilhante apresenta maior amplitude de linearidade, proporcionando, maiores limites de detecção. Em função da metodologia empregada neste trabalho, envolvendo os dois traçantes numa única solução de recuperação foi necessário estudar os picos de absorção e as possíveis interferências de um sobre o outro nos diferentes comprimentos de ondas. Para se obter a concentração de cada traçante, fez-se a relação entre os coeficientes angulares resultantes de análise de regressão de acordo com a curva padrão.

Foi utilizado a calda com Azul Brillhante para aplicação carregada eletrostaticamente e o Amarelo Tartrasina para a aplicação com a fonte de energia desligada. As aplicações foram realizadas sobrepondo apenas uma das barras para alternar a seqüência de aplicação dos tratamentos.

Após a aplicação executou-se os mesmos procedimentos de coleta e análise das amostras descritas no experimento 1.

5.2.3. Alvos

Os alvos foram os mesmos do experimento 1, exceto o do capim-marmelada, inexistente na área e então, substituído pela planta daninha trapoeraba.

5.2.4. Condições climáticas

A aplicação foi realizada às 11:45, com a velocidade média do vento em 5,7 km h⁻¹, temperatura de 26,6 °C e umidade relativa a 69%.

5.3. Experimento 3: Doses de herbicida sobre as plantas

5.3.1. Local e data

Este trabalho foi instalado na casa de vegetação no NUPAM (Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal, setor de Agricultura da FCA/UNESP - Câmpus de Botucatu – SP, em outubro de 2001.

5.3.2. Equipamentos e material

Para a realização deste experimento utilizou-se sementes pré-germinadas de *B. plantaginea* cuja germinação ocorreu em um germinador regulado em

períodos alternados de 12 horas de escuro e de luz na temperatura de 25 e 30 °C e posteriormente transplantadas em vasos, que proporcionou maior homogeneidade no desenvolvimento das plantas, que foram mantidas em número de dez plantas por tratamento. O mesmo procedimento foi realizado com sementes de *Commelina benghalensis*, porém como o índice de pegamento foi baixo, optou-se por semeadura direta nos vasos a 1 cm de profundidade, onde após a germinação manteve-se 7 plantas por tratamento e dois tratamentos por vaso com capacidade para 2 litro de solo com quatro repetições.

O produto utilizado para o controle foi o herbicida Roundup na concentração de 48% do i.a. glyphosate, e aplicado com pipeta automática regulada para 5 µL, o que proporcionou a formação de gotas facilmente liberadas pela ponteira.

O herbicida glyphosate, no volume de 10 µL planta⁻¹ para *B. plantaginea* (duas folhas) e 20 µL planta⁻¹ de *C. benghalensis* (quatro folhas), foi aplicado nas concentrações: 0,0156; 0,0183; 0,025; 0,0312; 0,039; 0,052; 0,125; 0,25 e 0,50% do produto comercial para as respectivas plantas invasoras, acrescido das concentrações 0,75; 1,00; 1,50 e 2,00% para *C. Benghalensis*, mais testemunha (não tratadas).

A temperatura na casa de vegetação foi mantida a 25 °C e umidade de 60%.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Estudos para aplicabilidade da metodologia

A avaliação dos depósitos da calda de aplicação de herbicidas em alvos naturais é o método mais representativo para entender diversos aspectos relacionados à pulverização de defensivos agrícolas, cujo depósito é altamente influenciado pelo estágio de desenvolvimento da cultura ou plantas daninhas, sendo estes alvos, objetos deste estudo.

Ao avaliar a deposição de traçantes, aplicados em pós-emergência na cultura da soja, procurou-se diagnosticar as possíveis falhas no controle nesta modalidade de aplicação. Quando a aplicação é realizada no campo há quatro destinos possíveis para as gotas da pulverização: 1) as plantas daninhas: esta é a fração da calda de aplicação responsável pelo controle e o objetivo das alterações nas técnicas de aplicação é maximizá-la; 2) a cultura: esta fração da pulverização deve ser minimizada pois reduz a quantidade de herbicida disponível para controle e é responsável pela toxicidade da cultura; 3) o solo: considerando herbicidas que agem exclusivamente em pós-emergência, esta fração pode ser considerada como perda, contudo, para herbicidas com ação combinada de pré e pós-emergência, seria a principal

responsável pelo efeito residual dos mesmos; 4) carregamento para fora da área: corresponde a perdas em qualquer situação; a redução desta fração pode levar a aumentos tanto no controle quanto na intoxicação da cultura.

A opção por avaliar os depósitos em cada planta daninha e não em cada população deveu-se à observação, em trabalhos anteriores, de que em função das pequenas dimensões, as plântulas são expostas por um tempo extremamente curto (da ordem de 0,1s) ao jato de aplicação, isto somado a fatores como oscilações e altura da barra, vento, tamanho da gota, estágio de desenvolvimento, implica em grande variabilidade dos depósitos unitários obtidos. Como a morte ou sobrevivência de cada planta depende da dose depositada sobre ela e não sobre toda a população, a avaliação da deposição média dá algumas informações importantes sobre a eficiência das tecnologias de aplicação em estudo, mas falha por não permitir a associação entre dose (aumento ou redução) e porcentagem de eficiência.

Quanto ao tratamento dos dados, os depósitos unitários foram utilizados para ordenar as plantas das populações estudadas, com “n” indivíduos, em uma seqüência crescente de depósitos. Foram atribuídos números de ordem (n_i), unitariamente crescentes, da primeira à última planta. A cada planta foram atribuídas freqüências acumuladas correspondentes a “ $100*n_i / n$ ”. Foram estabelecidas equações de regressão tendo os depósitos (por planta, unidade de área foliar) como variáveis independentes e as freqüências acumuladas como variáveis dependentes. Foi utilizado o modelo de Gompertz segundo a descrição e com as modificações promovidas por Velini (1995) para que a assíntota horizontal máxima fosse igual, a máxima freqüência acumulada possível.

O trabalho com as freqüências não acumuladas é muito mais complexo e o ajuste final depende da amplitude das classes de dados utilizadas. Para as

frequências acumuladas, os melhores ajustes foram sempre proporcionados pelo modelo de Gompertz. Desta forma, optou-se por trabalhar somente com as frequências acumuladas. É importante ressaltar a grande simplicidade do cálculo das frequências não acumuladas, a partir do modelo de Gompertz; que correspondem à primeira derivada do mesmo.

Os resultados apresentados a seguir nos gráficos correspondentes aos alvos mostram, no eixo Y1 (escala à esquerda), a frequência acumulada, ou seja, os valores medianos para as diferentes porcentagens de população de planta e a frequência não acumulada, no eixo Y2 (escala à direita). A concavidade da curva mostra a uniformidade da deposição. Em relação à concavidade, quanto mais plana a curva, maior é a frequência de valores extremos Velini (1995), caracterizando maior amplitude de depósito na população amostrada.

Na figura 1 observa-se os depósitos obtidos em plantas de soja, cujos os resultados das análises de regressão, incluindo a estimativa dos parâmetros são apresentados no Quadro 1. Com base nos dados originais observou-se que a relação entre o maior e o menor depósito foi de sete vezes. A moda (maior frequência de valores) foi de 124 μL por planta. Possivelmente, parte da variação nos depósitos unitários deveu-se à diferenças de tamanho e no desenvolvimento nas plantas da cultura.

Para resolver este tipo de problema, analisou-se, também, os dados de depósito por unidade de área foliar. Na Figura 2 (resultados de análise apresentados no Quadro 1), observa-se uma amplitude menor de depósitos, porém em torno de quatro vezes. Os valores modais apresentados pela derivada primeira do modelo de Gompertz estão próximos a 0,9 $\mu\text{L cm}^{-2}$ de área foliar. A maior concavidade da curva de frequências não acumuladas, em relação ao modelo similar apresentado na Figura 1, indica a maior uniformidade dos dados e a

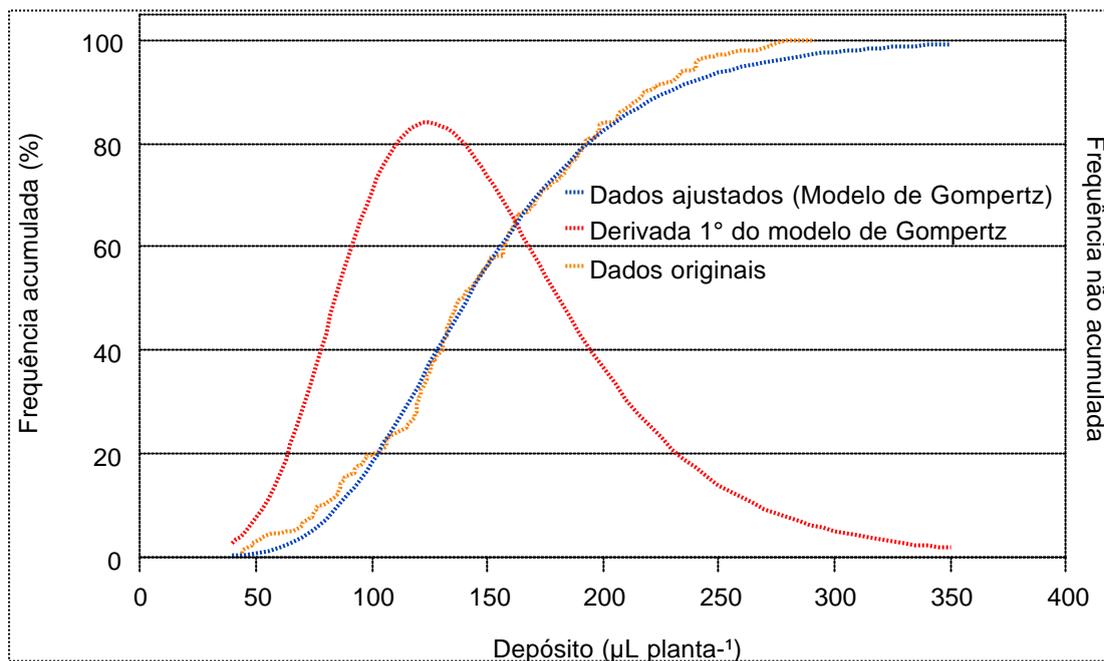


Figura 1 – Dados originais, frequência acumulada e não acumulada em porcentagem da população de plantas de soja em função dos volumes de depósito por planta.

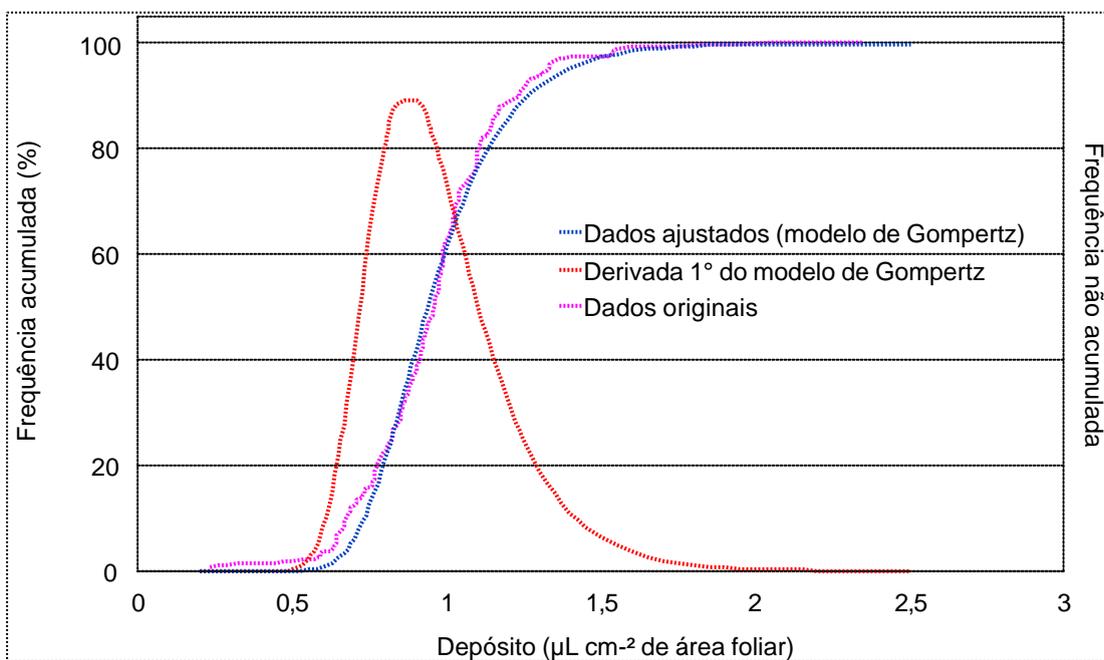


Figura 2 – Dados originais, frequência acumulada e não acumulada em porcentagem da população de plantas de soja amostrada em função dos volumes de depósito por unidade de área foliar.

comprovação de que em parte, mas não em seu todo, a variabilidade dos depósitos unitários depende de irregularidades de crescimento e desenvolvimento das plantas de soja. As grandes variações nos depósitos unitários evidenciam a grande desuniformidade de um processo de pulverização realizado em condições de campo.

Para comprovar o exposto, selecionou-se, dentro da população de plantas amostradas, três estádios diferentes da cultura em função da área foliar, com médias de 102,34; 155,17 e 210,61 cm² denominados na figura 3 e como plantas menores, intermediárias e maiores, respectivamente. A análise da figura evidencia padrão de depósito bem definido com curvas equidistantes. As frequências acumuladas apresentam valores medianos de 98,71; 146,50; 185,21 $\mu\text{L planta}^{-1}$ (Quadro 1). Comportamento similar ocorreu para os valores modais. No entanto, verificou-se que os volumes depositados nas plantas menores e intermediárias foram mais homogêneos (curvas de frequência não acumulada mais côncavas).

Ao comparar estes três estádios de desenvolvimento quanto ao volume de depósito por unidade de área foliar (Figura 4) observa-se um decréscimo nos depósitos por unidade de área com o aumento da área foliar. Embora de modo pouco intenso, os depósitos se tornaram menores e menos uniformes com o aumento da área foliar, evidenciando que o acúmulo de folhas da cultura, com sobreposição das mesmas, reduz o depósito por unidade de área foliar (comportamento evidente nas médias, medianas, modas e curvas de frequência). Isto indica que o crescimento e desenvolvimento da cultura possivelmente representam um fator de aumento de seletividade de herbicidas de pós-emergência. Deve ser destacado que as diferenças observadas ocorreram em uma situação em que os estádios estavam combinados, esperando-se diferenças ainda maiores quando os herbicidas são aplicados em culturas de fato em diferentes estádios de desenvolvimento.

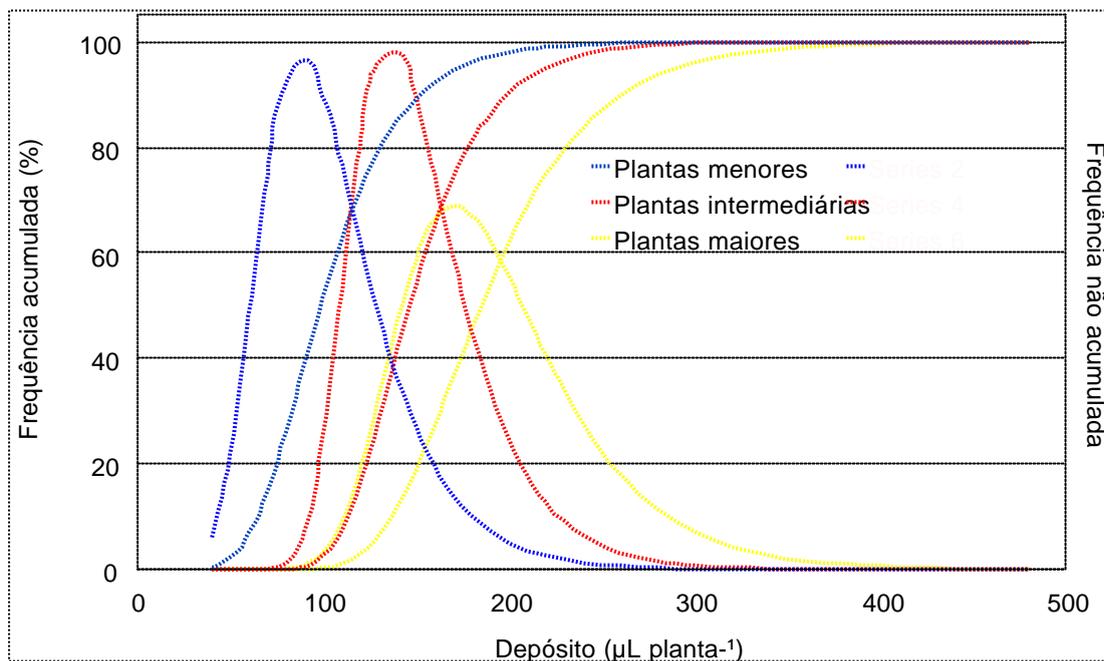


Figura 3 – Frequência acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população plantas de soja amostrada em diferentes estádios de desenvolvimento em função dos volumes de depósito por planta.

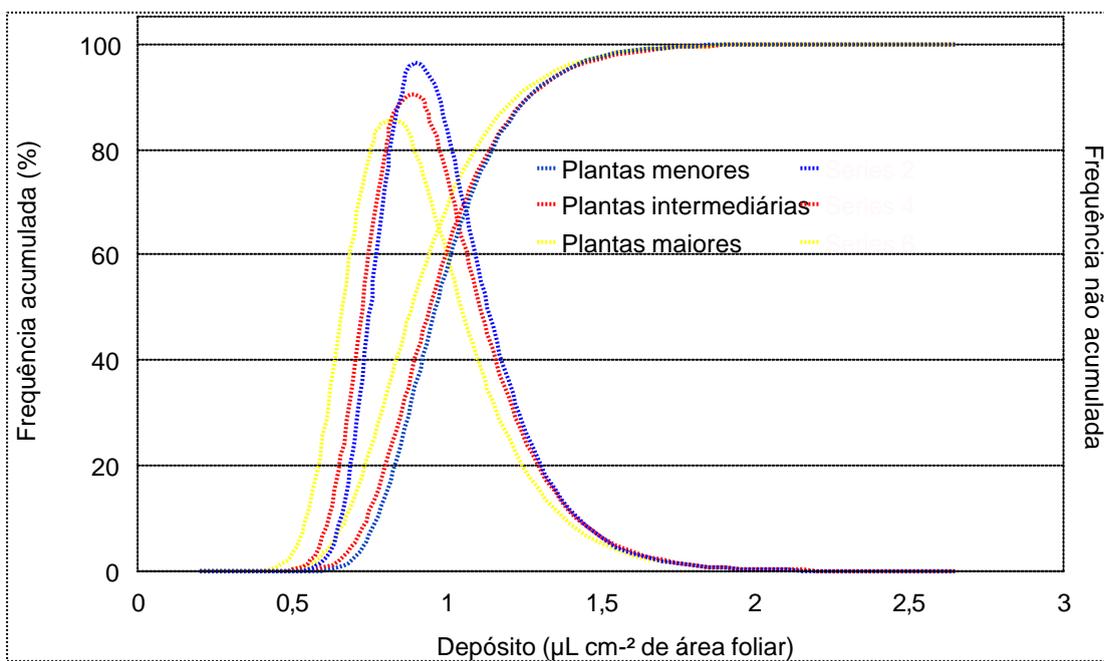


Figura 4 – Frequência acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população plantas de soja amostrada em diferentes estádios de desenvolvimento em função dos volumes de depósito por unidade de área foliar.

Quadro 1. Resultados das análises de regressão entre as frequências acumuladas e os volumes de depósito utilizando o modelo de Gompertz, Média, moda e mediana das plantas de soja.

MODELO		$\text{Frequência Acumulada (\%)} = e^{[a - e^{(-b - c \cdot x)}]}$							
		Soja ($\mu\text{L planta}^{-1}$)				Soja ($\mu\text{L cm}^{-2}$)			
		Total	Menores	Intermediárias	Maiores	Total	Menores	Intermediárias	Maiores
Estimativa dos parâmetros	A	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052
	B	-2,7085	-3,0952	-4,8866	-4,2546	-5,1065	-5,6730	-5,1885	-4,5799
	C	0,0218	0,0351	0,0359	0,0249	5,8295	6,2499	5,8721	5,5663
Média ($\mu\text{L planta}^{-1}$)		147,3008	103,6968	151,7703	187,2341	0,9607	1,0053	0,9830	0,8924
Moda		124,4423	88,2670	136,2867	170,5299	0,8760	0,9077	0,8836	0,8228
Mediana		141,2801	98,7182	146,5079	185,2190	1,2425	0,9663	0,9460	0,8886
N° de repetições		150	50	50	49	150	50	49	49
S Q Total		126677,850	171700,00	171700,000	168367,346	126677,850	171700,0	161700,000	168367,346
S Q Regressão		501012,190	170968,25	171544,648	167596,092	500252,306	170750,2	161337,372	167538,753
S Q Resíduo		665,6571	731,7416	155,3518	771,2549	1425,5459	949,7592	362,6274	828,5935
F Regressão		5644,9354	5607,4949	26501,5677	5106,6228	25968,0700	4314,780	10455,4400	4751,6190
R ²		0,9947	0,9824	0,9962	0,9811	0,9887	0,9771	0,9907	0,9796

A interferência nas quantidades depositadas na cultura em função dos diferentes estádios ou desuniformidade no desenvolvimento da mesma, são representativos. É provável que o mesmo ocorra com as plantas daninhas, cuja germinação é irregular e distribuída no tempo, encontrando-se, em um mesmo dia, plantas em vários estádios e de vários tamanhos. Adicionalmente, as pequenas dimensões das plantas daninhas e a posição das mesmas no campo, estando sujeitas, ou não, à cobertura pela cultura, também podem intensificar a variabilidade dos depósitos unitários. Tais diferenças podem ser observadas na figura 5 (resultados de análise de regressão apresentados no Quadro 2), onde aproximadamente 80% da população total amostrada apresentam maiores quantidades de depósito na linha, resultado inverso ao esperado, no entanto ao se padronizar as plantas daninhas nas diferentes posições em que se encontram dentro de um mesmo intervalo de área foliar, observa-se os depósitos maiores nas plantas daninhas na entrelinha e as diferenças se tornam mais evidentes revelando também a interferência do estágio de desenvolvimento sobre os depósitos. Os dados apresentados na Figura 6 representam as curvas de frequência não acumulada correspondentes aos modelos apresentados na Figura 5. A análise das duas figuras indica depósitos maiores e mais uniformes nas plantas de *B. plantaginea* localizadas na entrelinha. Deve ser destacado que a proximidade com a cultura não só reduziu mas desuniformizou os depósitos médios; este comportamento foi evidente para toda a população e para o sub-grupo contendo plantas com área foliar padronizada (entre x e y).

Os resultados indicaram, ainda, que em estudos comparativos, utilizando-se esta metodologia é fundamental a padronização da área foliar dentro de um mesmo intervalo, permitindo visualizar diferenças nas quantidades depositadas por plantas. Neste caso, em relação ao posicionamento das plantas daninhas no campo na linha e

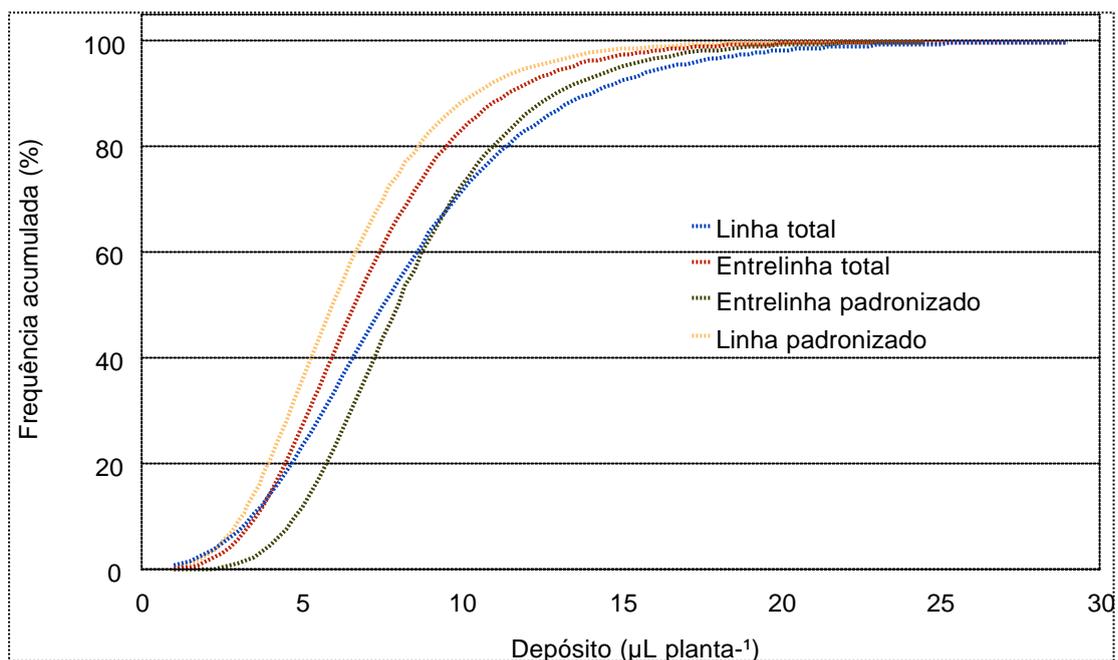


Figura 5 – Frequência acumuladas em porcentagem da população plantas de *Brachiaria plantaginea* amostradas com e sem a padronização de área foliar na linha e entrelinha da cultura em função dos volumes de depósito por planta.

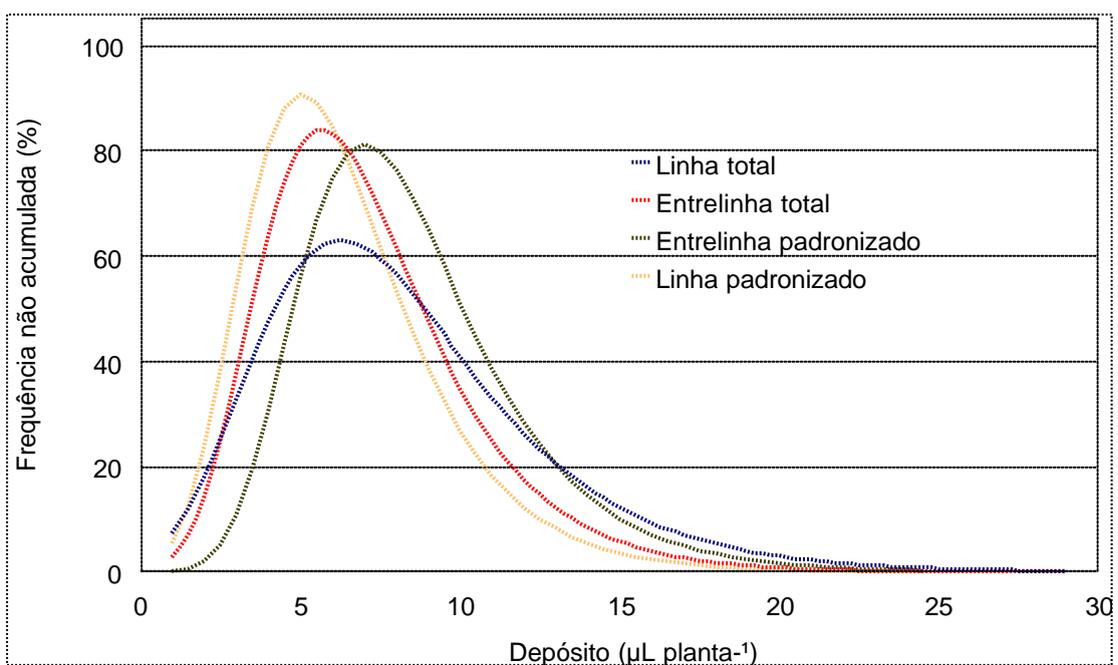


Figura 6 – Frequências não acumuladas em porcentagem da população plantas de *Brachiaria plantaginea* amostradas com e sem a padronização de área foliar na linha e entrelinha da cultura em função dos volumes de depósito por planta.

entrelinha da cultura, observando-se nas Figuras 5 e 6, diferenças de aproximadamente 34 % entre os depósitos em microlitro por planta representados pelos valores medianos nas diferentes porcentagens da população nas freqüências acumuladas e também pelos valores modais nas freqüências não acumuladas, respectivamente.

Nas Figuras 7 e 8 são apresentadas as curvas que representam as freqüências acumuladas e não acumuladas em função dos depósitos de calda de pulverização por unidade de área foliar ($\mu\text{L cm}^{-2}$) e no Quadro 2 as respectivas análises. Neste caso, observa-se que as curvas obtidas para toda a população e para o sub-grupo uniforme em termos de estágio foram praticamente idêntica validando as observações e conclusões para ambos. Os resultados indicam que as plantas na linha receberam menos calda de pulverização do que as plantas na entrelinha. As diferenças foram ainda mais evidentes quando se compara a fração da população total com menores depósitos. Exemplificando: 23,86% das plantas localizadas na linha e apenas 0,48% das plantas na entrelinha receberam depósitos inferiores a $0,5 \mu\text{L cm}^{-2}$. Se a dose mínima necessária para matar as plantas de *B. plantaginea* estudadas estivesse contida em $0,5 \mu\text{L cm}^{-2}$, haveria apenas 0,48% de escape na entrelinha e 23,86% de escape na linha da cultura.

Quanto a *Commelina benghalensis*, as plantas encontravam-se no estágio de duas folhas no momento da coleta. Deve ser ressaltada a uniformidade de tamanho e estágio em toda a população, condicionando comportamentos similares para as curvas de freqüências acumuladas e não acumuladas em função dos depósitos por unidade de área foliar (Figura 9). Neste caso os resultados foram analisados e representados considerando toda a população ou os subgrupos contendo plantas com área foliar “igual ou inferior” ou “superior” à mediana, respectivamente. A relação entre o maior e o menor depósito por unidade de área

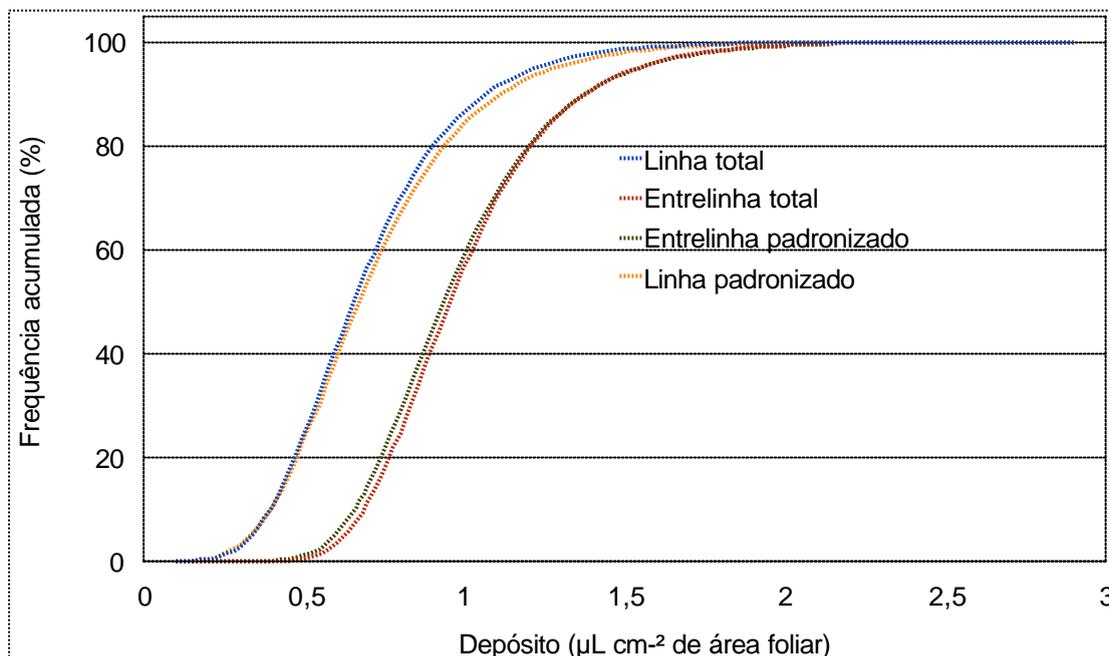


Figura 7 – Frequência acumuladas em porcentagem da população plantas de *Brachiaria plantaginea* amostradas com e sem a padronização de área foliar na linha e entrelinha da cultura em função dos volumes de depósito por unidade de área foliar

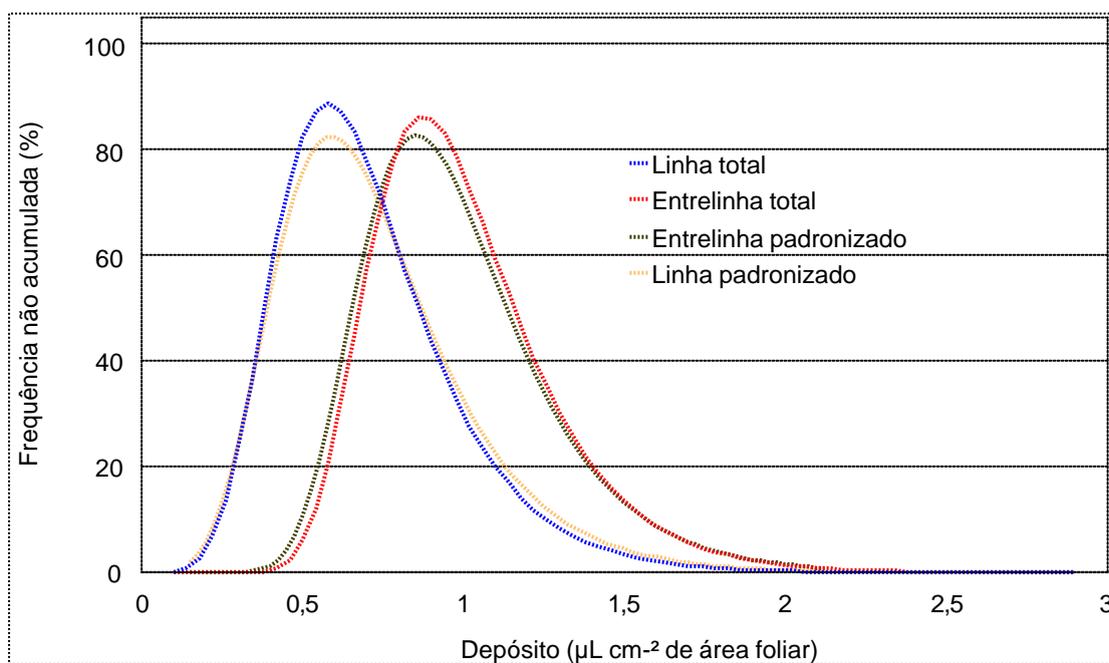


Figura 8 – Frequência não acumuladas em porcentagem da população plantas de *Brachiaria plantaginea* amostradas com e sem a padronização de área foliar na linha e entrelinha da cultura em função dos volumes de depósito por unidade de área foliar

Quadro 2. Resultados das análises de regressão entre as frequências acumuladas e os volumes de depósito utilizando o modelo de Gompertz, Média, moda e mediana de *Brachiaria plantaginea* na linha e entrelinha da cultura.

MODELO

$$\text{Frequência Acumulada (\%)} = e^{[a - e^{(-b - c \cdot x)}]}$$

		<i>Brachiaria plantaginea</i> ($\mu\text{L planta}^{-1}$)				<i>Brachiaria plantaginea</i> ($\mu\text{L cm}^{-2}$)			
		Linha		Entrelinha		Linha		Entrelinha	
		Total	Padrão	Total	Padrão	Total	Padrão	Total	Padrão
Estimativa dos parâmetros	A	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052
	B	-1,8415	-2,1379	-2,2214	-2,6485	-2,6566	-2,5235	-3,9069	-3,6654
	C	0,2936	0,4227	0,3913	0,3784	4,5941	4,2703	4,4650	4,2856
Média ($\mu\text{L planta}^{-1}$)		8,5383	6,4303	7,2044	8,6540	0,6960	0,7112	1,0052	0,9919
Moda		6,2723	5,0579	5,6775	6,9987	0,5783	0,5909	0,8750	0,8553
Mediana		7,5206	5,9250	6,6141	7,9672	0,6580	0,6768	0,9571	0,9408
N° de repetições		141	86	150	83	141	86	150	83
S Q Total		475011,820	291686,040	505011,110	281686,740	475011,820	291686,040	505011,110	281686,740
S Q Regressão		474642,590	291348,360	504694,440	281227,090	474752,690	291398,630	504733,670	281135,690
S Q Resíduo		369,2265	337,6793	316,6621	459,6538	259,1272	287,4161	277,4403	551,0569
F Regressão		89342,470	36237,449	117940,757	24778,852	127332,790	42581,968	134624,360	20662,1097
R ²		0,9968	0,9952	0,9974	0,9933	0,9977	0,9959	0,9977	0,9920

foliar foi da ordem de 4.

Mesmo com elevada uniformidade de estágio e tamanho das plantas, os exemplares de *C. benghalensis* com maior área foliar receberam menores depósitos em $\mu\text{L cm}^{-2}$. Ressalta-se que praticamente não ocorreram plantas desta espécie na linha da cultura, impossibilitando comparações entre linhas e entrelinhas.

A análise da Figura 9 indica que, mesmo nas condições acima descritas, há a necessidade de analisar os dados dentro de um mesmo intervalo de área foliar, pois as plantas menores receberam proporcionalmente, maiores depósitos, quando os resultados são apresentados em volume por unidade de área; sendo o inverso verdadeiro, se os resultados fossem apresentados em volume por planta. Souza et al. (2000a), adotando os mesmos procedimentos, verificaram resultados semelhantes à *Commelina* ao analisar depósitos de traçantes em *Acanthospermum australe*.

Analisados o comportamento dos depósitos de pulverizações nos alvos naturais presentes, resta ainda a análise de depósitos no solo, conseguidos através de lâminas dispostas em diferentes posições dentro da cultura. Na figura 10, observa-se pelas frequências acumuladas que as quantidades de depósitos nas lâminas dispostas na linha são inferiores aos depósitos recuperados entre a linha e o centro, que por sua vez foi inferior aos depósitos no centro da entrelinha, com diferenças menores, entretanto, entre as duas últimas posições. Verifica-se também, analisando-se as frequências não acumuladas, a maior uniformidade de depósitos no centro da entrelinha.

Cada $1 \mu\text{L cm}^{-2}$ de depósito nas lâminas corresponde a 100 L ha^{-1} de calda. Como as médias de depósito nas três regiões (linha, linha/centro e entrelinha) foram de 1,25; 1,78; 1,80; respectivamente, pode-se concluir que as maiores quantidades de calda de

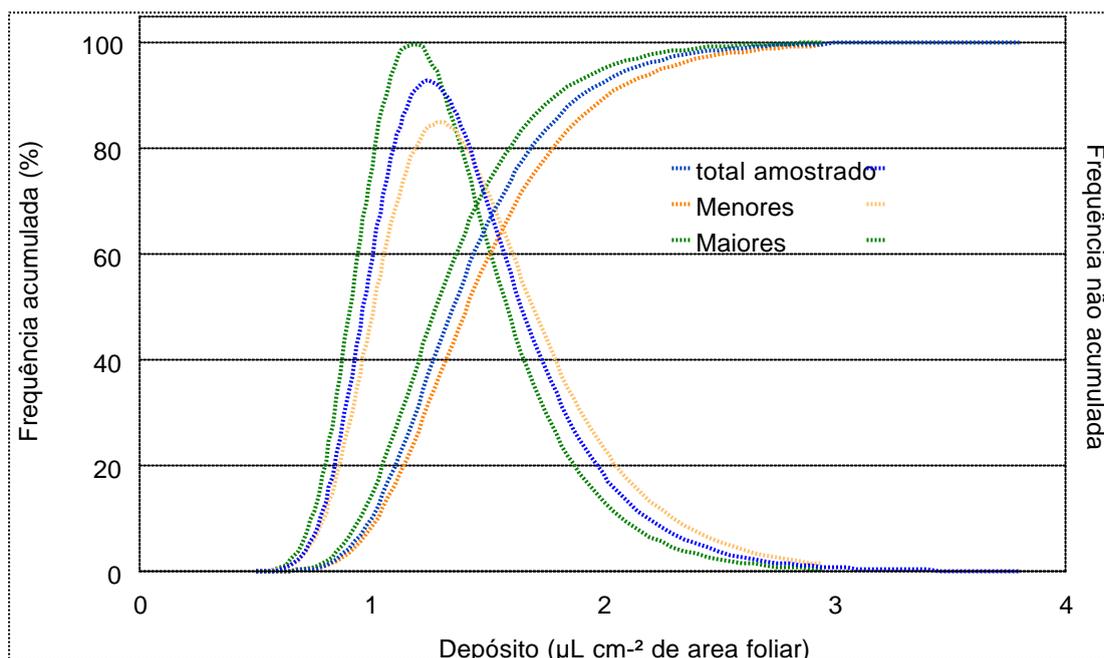


Figura 9 – Frequências acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população plantas de *Commelina benghalensis* amostradas e divisão de 50% da população em maiores e menores pela área foliar na entrelinha da cultura em função dos volumes de depósito por unidade de área foliar.

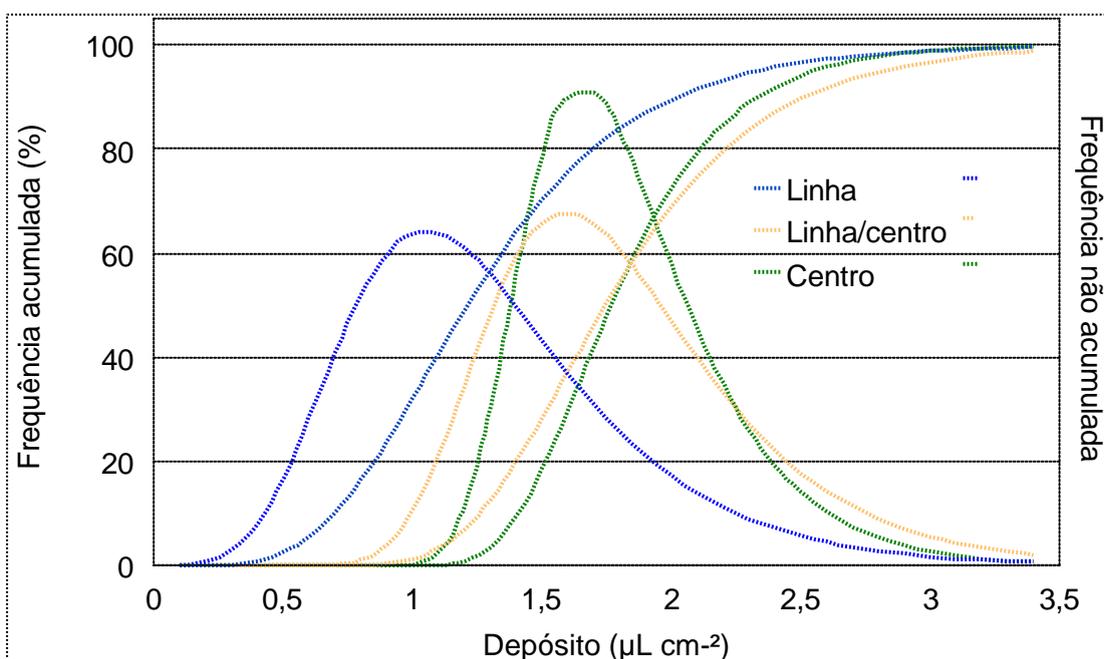


Figura 10 – Frequências acumuladas e não acumuladas em porcentagem de lâminas dispostas na linha da cultura, entre a linha e o centro da entrelinha e no centro da entrelinha em função dos volumes de depósito por unidade de área da lâmina.

Quadro 3. Resultados das análises de regressão entre as frequências acumuladas e os volumes de depósito utilizando o modelo de Gompertz, Média, moda e mediana dos diferentes alvos.

MODELO

$$\text{Frequência Acumulada (\%)} = e^{[a - e^{(-b - c \cdot x)}]}$$

		TRAPOERABA ($\mu\text{L cm}^{-2}$)			LÂMINAS ($\mu\text{L cm}^{-2}$)		
		Total	Menor	Maior	Linha	Linha/Centro	Centro
Estimativa dos parâmetros	A	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052
	B	-4,1770	-3,9758	-4,2676	-2,4510	-3,9054	-5,5032
	C	3,3576	3,0735	3,6192	2,3261	2,4486	3,3206
Média ($\mu\text{L planta}^{-1}$)		1,4304	1,4835	1,3772	1,2585	1,7877	1,8049
Moda		1,2440	1,2936	1,1792	1,0537	1,5950	1,6573
Mediana		1,3532	1,4128	1,2804	1,2113	1,7447	1,7677
N° de repetições		50	25	25	50	50	25
S Q Total		171700,0000	88400,0000	88400,0000	171700,0000	171700,0000	88400,0000
S Q Regressão		171315,1880	88171,5019	87864,0616	170997,0844	171049,5671	88067,8152
S Q Resíduo		384,8119	228,4980	535,9383	702,9155	650,4329	332,1847
F Regressão		10684,6146	4437,5541	1885,3601	5838,4420	6311,4730	3048,8450
R ²		0,9907	0,9890	0,9742	0,9831	0,9843	0,9840

pulverização tiveram este destino na aplicação monitorada. No caso de herbicidas com ação combinada de pré e pós-emergência, a duração de um possível efeito residual seria progressivamente crescente com o caminhar da linha ao centro da entrelinha. Deve, ainda, ser considerada a redução de um possível efeito residual na linha em função da absorção pela cultura, do herbicida depositado nesta região.

6.2. Estudo comparativo dos depósitos de pulverização com e sem carregamento eletrostático da calda.

Embora seja viável a utilização de apenas um corante em estudos comparativos de tecnologias de aplicação, optou-se pela utilização de dois traçantes em função do equipamento utilizado, apresentar um tanque secundário de pequeno volume, o que permite sua remoção e rápida lavagem para utilização de outro traçante. Uma vantagem importante do uso de dois traçantes é a possibilidade de obtenção de pares de dados (para as duas tecnologias testadas) em cada uma das repetições (plantas). Ou seja, podem ser comparadas as populações, mas também os depósitos obtidos em cada indivíduo. Para tanto, tornou-se necessário estudar as possíveis interferências entre os traçantes e também suas concentrações para se obter os mesmos níveis de detecção. Assim os resultados apresentados na Figura 11 mostram as curvas de calibração para os corantes observando-se a necessidade de uma concentração 3,5 vezes maior do corante Amarelo Tartrasina para a obtenção dos mesmos níveis de detecção em relação ao corante Azul Brilhante. Este fator foi calculado pela razão dos valores dos coeficientes angulares, 23,1021 e 6,7246 das duas curvas de calibração, respectivamente.

Foi desenvolvido um procedimento para o tratamento dos dados que permitiu eliminar a interferência do corante azul (com pequena absorção de luz em 428nm)

nas leituras do corante amarelo. Simplificadamente, a concentração do corante azul foi estimada com base na absorvância em 630 nm. A partir desta concentração uma segunda curva padrão obtida em 428 nm estimou-se a fração da absorvância neste comprimento de onda relativa ao corante azul. A diferença em relação à absorvância total foi considerada como sendo relativa ao corante amarelo e convertida em concentração do corante através da curva de calibração para o mesmo. O procedimento foi validado com sucesso em estudos prévios ao ensaio de campo.

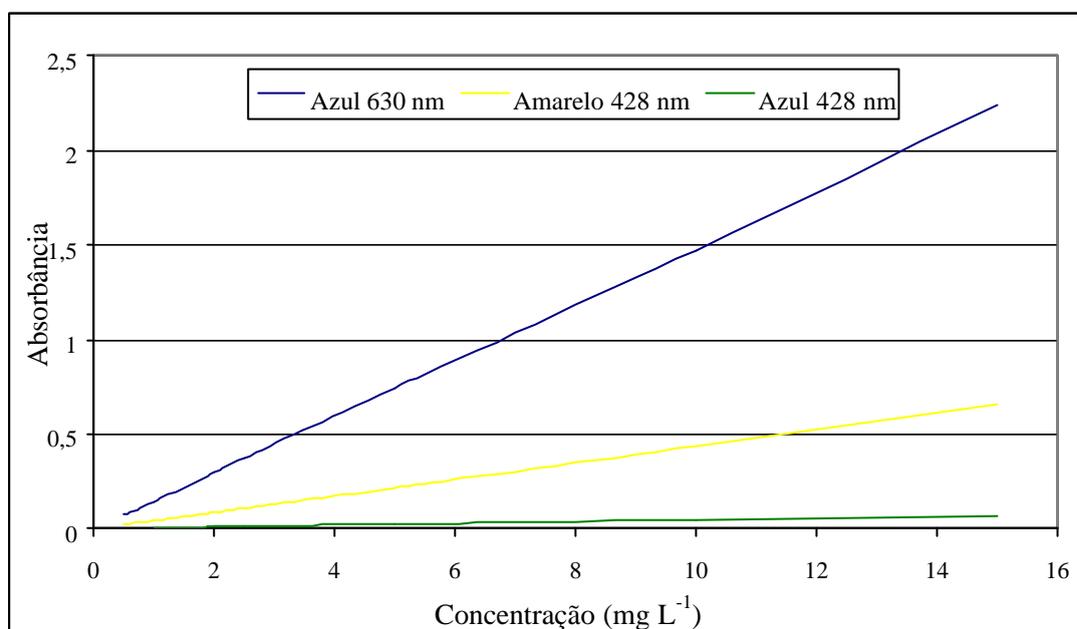


Figura 11. Curva de calibração para o corante Azul Brillante a 428 e 630 nm, Amarelo Tartrasina a 428 nm em relação as diferentes absorvâncias e concentrações em mg L⁻¹.

Para o tipo de pulverização praticado convencionalmente no Brasil e no mundo, a soja se apresenta como uma barreira dificultando a deposição dos herbicidas de pós-emergência, nas plantas daninhas. Há dúvidas se a utilização de pulverizações com gotas carregadas eletrostaticamente poderia ser um fator agravante desta situação, provocando

aumento da deposição sobre as plantas de soja e diminuição nas quantidades depositadas sobre plantas daninhas principalmente na linha da cultura, problema este, superdimensionado na utilização de pontas com padrão de gotas finas na pulverização. Souza et al. (2002a), utilizando diferentes tipos de pontas e padrões de gotas, observou com o uso de pulverização eletrostática, aumento dos depósitos sobre a soja e diminuição nas plantas daninhas da linha com as pontas que proporcionavam gotas finas.

Quando bicos hidráulicos são usados, uma ampla variação de gotas emitidas resulta em consideráveis diferenças na relação carga-massa, assim a trajetória de gotas grandes, com menores valores para esta relação, não é significativamente afetada e a deposição nem sempre é aumentada. Deste modo, os melhores resultados são alcançados com gotas pequenas e, conseqüentemente, menores volumes de aplicação (Mathews, 1989).

Na figura 12 com análise da população de planta em função do depósito por planta e na figura 13 em função dos depósitos por unidade de área foliar, verificam-se as mesmas tendências com as respectivas análises apresentadas no Quadro 4. Observa-se que os depósitos foram maiores, sem o uso de gotas carregadas para aproximadamente 50% das plantas amostradas, as que receberam os menores depósitos. Houve inversão neste comportamento para a fração da população com maiores depósitos. Os valores extremos nas quantidades depositadas ocorreram com o uso de energia.

É difícil inferir sobre o aumento ou redução da seletividade em função da energização das gotas, pois o principal efeito na eletricidade foi desuniformizar os depósitos. Se as menores doses observadas apresentarem um maior nível de segurança para a cultura que as demais, a energização implicaria em redução do número de plantas intoxicadas. Por outro lado, se os sintomas estiverem associados a doses unitárias correspondentes às

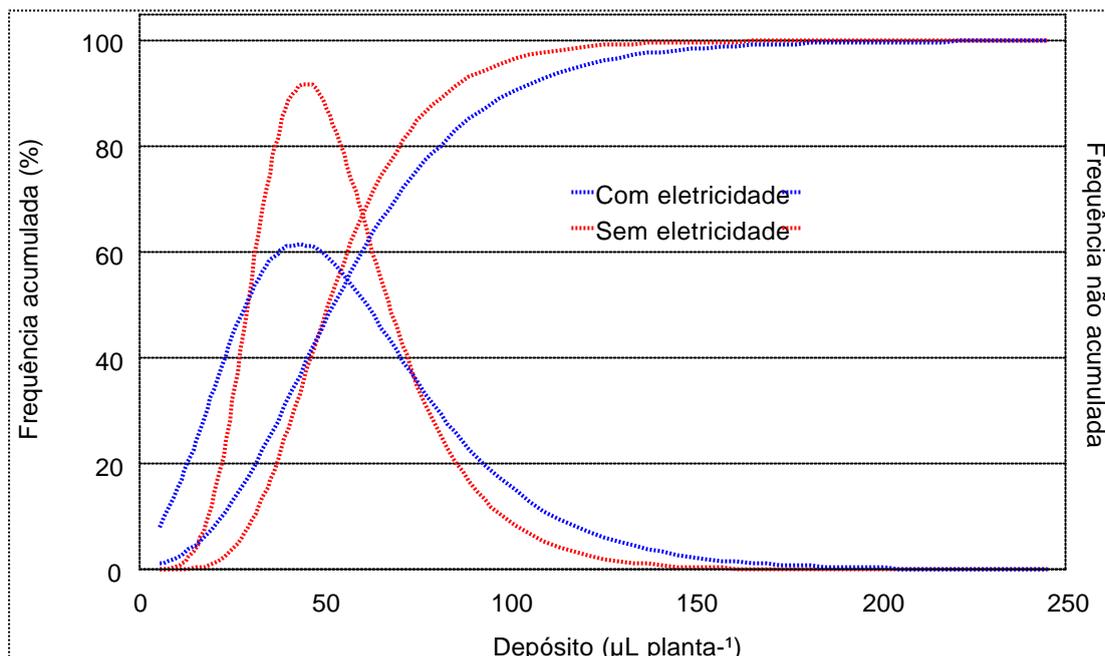


Figura 12 – Frequências acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população e plantas de soja em função dos volumes de depósito por planta com e sem o uso de energia eletrostática na pulverização.

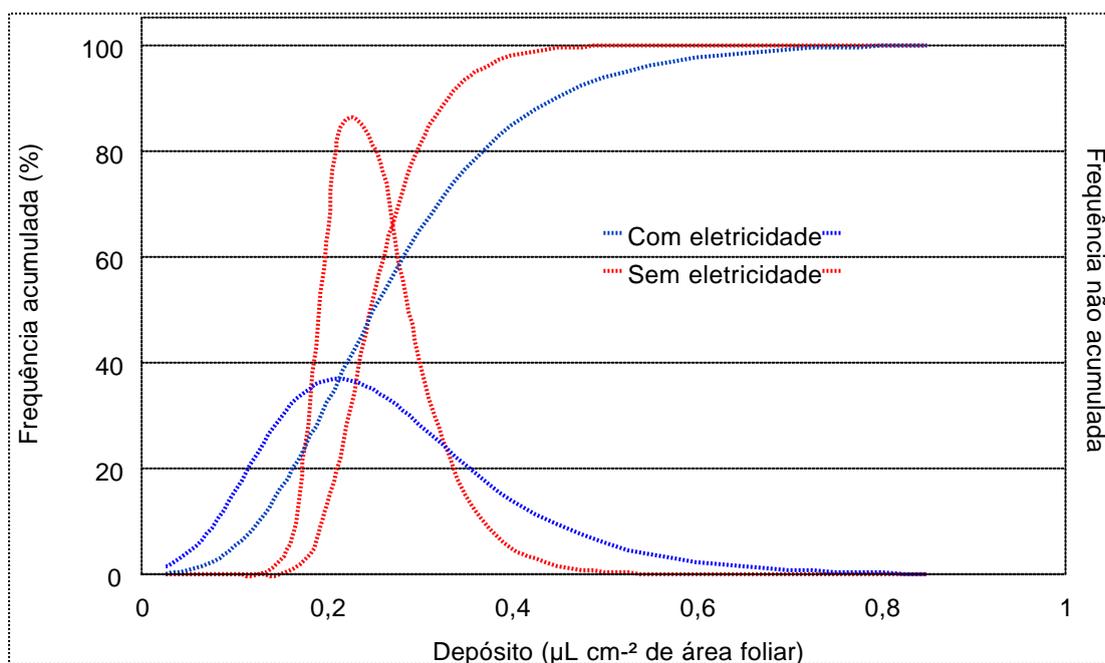


Figura 13 – Frequências acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população e plantas de soja em função dos volumes de depósito por unidade de área foliar com e sem o uso de energia eletrostática na pulverização.

Quadro 4. Resultados das análises de regressão entre as frequências acumuladas e os volumes de depósito, utilizando o modelo de Gompertz, Média, moda e mediana na cultura da soja com e sem o uso de energia eletrostática.

MODELO

$$\text{Frequência Acumulada (\%)} = e^{[a - e^{(-b - c \cdot x)}]}$$

	Soja ($\mu\text{L planta}^{-1}$)		Soja ($\mu\text{L cm}^{-2}$)	
	Com	Sem	Com	Sem
Estimativa dos parâmetros	A	4,6052	4,6052	4,6052
	B	-1,7120	-2,6551	-2,0364
	C	0,0399	0,0595	9,5734
Média ($\mu\text{L planta}^{-1}$)	54,6455	51,6830	0,2599	0,2452
Moda	42,9513	44,6012	0,2127	0,2316
Mediana	52,1459	50,7575	0,2510	0,2478
Nº de repetições	78	78	78	78
S Q Total	265021,360	265021,360	268354,430	268354,430
S Q Regressão	263618,850	263839,170	267113,400	264153,450
S Q Resíduo	1402,5148	1182,1959	1241,0229	1026,7086
F Regressão	7142,5396	8480,7332	8286,6050	10024,3785
R ²	0,9784	0,9818	0,9816	0,9866

máximas observadas, a energização aumentaria o número de plantas intoxicadas.

São possíveis explicações para os resultados, o posicionamento das barras, colocadas à distância adequada para aplicação de herbicidas em plantas daninhas, a menor distância da cultura, não permitindo a redução do volume das gotas por evaporação, o que acentua efeito de atração das gotas carregadas e assim provoca um aumento na deposição. Outra justificativa é a alteração na velocidade de trabalho para permitir volumes diferentes com a mesma ponta na mesma pressão sem alterar o padrão de gotas possivelmente levando a uma maior desuniformidade da pulverização com o sistema de carregamento de gotas acionado.

Quanto aos depósitos em plantas de *Commelina benghalensis* (Figuras 14 e 15 e respectivas análises apresentadas no Quadro 5) localizadas na linha da cultura, ocorreu o oposto do observado para soja. A energização das gotas aumentou a uniformidade dos depósitos resultando em curvas de frequência não acumulada de maior concavidade. O comportamento foi similar para os depósitos por planta e por unidade de área foliar. Enfatizando a última característica, possivelmente a melhor indicadora do nível de eficiência de herbicidas de pós-emergência, fica evidente a maior frequência de plantas com depósitos acima de 3 e abaixo de $1 \mu\text{L cm}^{-2}$ quando a pulverização foi realizada sem energização das gotas. Os menores valores de depósito podem ser diretamente associados a níveis de eficiência provavelmente menores.

Quanto aos extremos superiores de depósito, considerando que a dose de campo provavelmente seria ajustada para que as plantas com menor depósito fossem controladas, corresponderiam a desperdícios do herbicida aplicado, mesmo tendo se depositado na população alvo. A grande variabilidade dos depósitos por unidade de área com aplicação de gotas sem energização evidencia que a simples determinação do depósito médio de calda, sem que se tenha uma caracterização precisa da dispersão dos valores ao redor desta média, pouco informa sobre a qualidade da pulverização realizada.

A energização das gotas uniformizou os depósitos da calda de aplicação nas plantas de *C. benghalensis*, com prováveis reflexos favoráveis em termos de eficiência de herbicidas de pós-emergência (menor probabilidade de escape e menor desperdício de herbicida em função da aplicação de super doses).

Em virtude da coincidente inversão nas quantidades depositadas na soja e em *Commelina benghalensis*, torna-se difícil determinar se os ganhos na deposição sobre

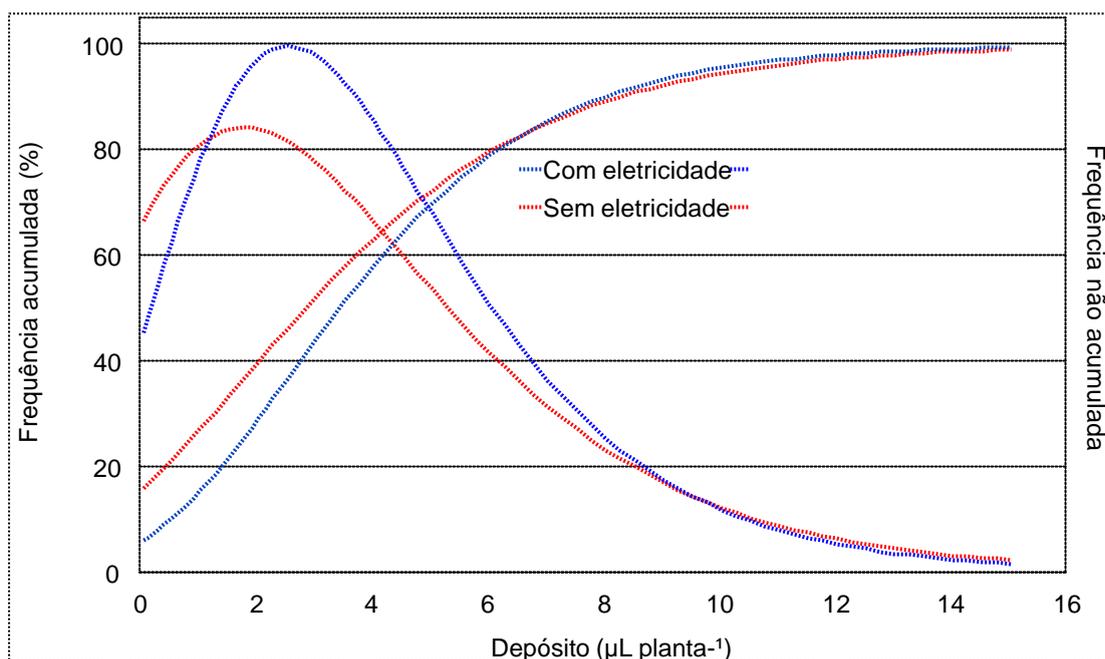


Figura 14 – Frequências acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população de plantas de *C. benghalensis* em função dos volumes de depósito por plantas com e sem o uso de energia eletrostática na pulverização coletadas na linha da cultura.

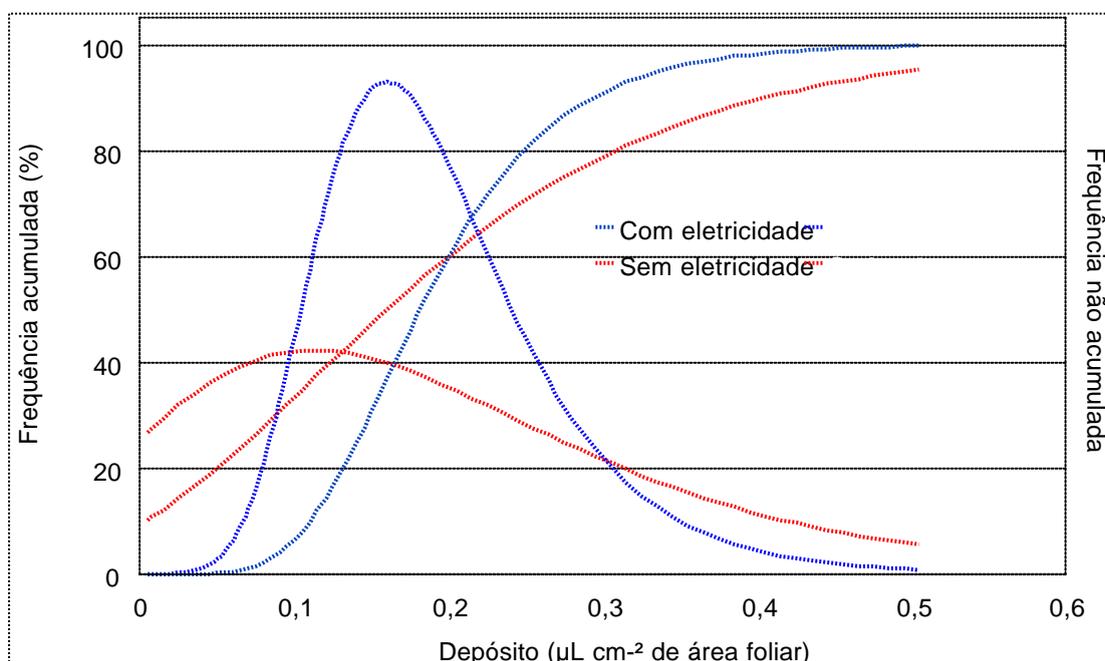


Figura 15 – Frequências acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população e plantas de *C. benghalensis* em função dos volumes de depósito por unidade de área foliar com e sem o uso de energia eletrostática na pulverização coletadas na linha da cultura.

Quadro 5. Resultados das análises de regressão entre as frequências acumuladas e os volumes de depósito utilizando o modelo de Gompertz, Média, moda e mediana na trapoeraba coletada na linha da cultura com e sem o uso de energia eletrostática.

MODELO

$$\text{Frequência Acumulada (\%)} = e^{[a - e^{(-b - c \cdot x)}]}$$

	Trapoeraba ($\mu\text{L planta}^{-1}$)		Trapoeraba ($\mu\text{L cm}^{-2}$)		
	Linha		Linha		
	Com	Sem	Com	Sem	
Estimativa dos parâmetros	A	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052
	B	-1,0592	-0,6316	-2,6949	-0,8628
	C	0,4127	0,3488	16,8328	7,6642
Média ($\mu\text{L planta}^{-1}$)	4,0732	3,4593	0,2045	0,1718	
Moda	2,5667	1,8109	0,1601	0,1126	
Mediana	3,4548	2,8617	0,1819	0,1604	
Nº de repetições	81	81	81	81	
S Q Total	275020,570	275020,570	275020,570	275020,570	
S Q Regressão	274114,360	272683,010	274214,950	270963,110	
S Q Resíduo	906,2086	2337,5591	805,6232	4057,4583	
F Regressão	11948,1565	4607,7884	13444,8620	2637,8690	
R ²	0,9865	0,9653	0,9881	0,9399	

as plantas daninhas se devem diretamente ao uso de gotas eletrizadas ou à maior disponibilidade de gotas para as plantas daninhas em função da menor captura de gotas pela soja.

No entanto ao observar os volumes de depósitos por planta daninha na entrelinha apresentados na figura 16 e por unidade de área na figura 17 (respectivas análises apresentadas no Quadro 6), verifica-se ganho nas quantidades depositadas com uso de gotas carregadas na pulverização. Sendo assim, pode se constatar que mesmo com o padrão de gotas, produzido pela ponta utilizada serem médias, em função do seu diâmetro médio

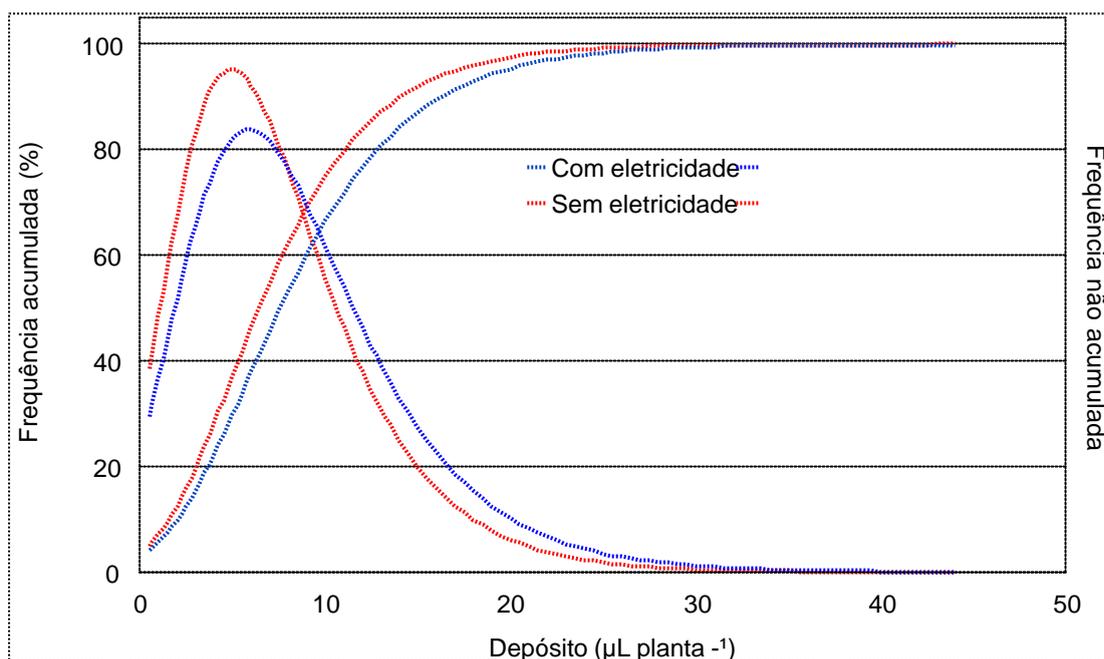


Figura 16 – Frequências acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população de plantas de *C. benghalensis* em função dos volumes de depósito por plantas com e sem o uso de energia eletrostática na pulverização coletadas na entrelinha da cultura.

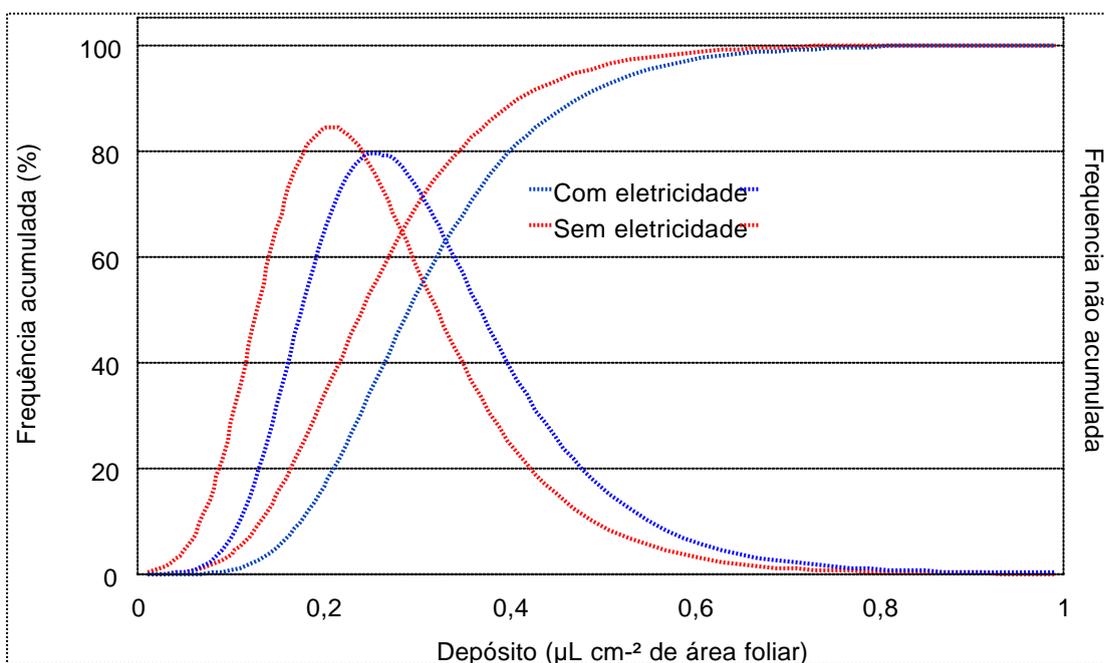


Figura 17 – Frequências acumuladas e não acumuladas em porcentagem da população e plantas de *C. benghalensis* em função dos volumes de depósito por unidade de área foliar com e sem o uso de energia eletrostática na pulverização coletadas na entrelinha da cultura.

Quadro 6. Resultados das análises de regressão entre as frequências acumuladas e os volumes de depósito utilizando o modelo de Gompertz, Média, moda e mediana da trapoeraba coletada na entrelinha da cultura com e sem o uso de energia eletrostática.

MODELO

$$\text{Frequência Acumulada (\%)} = e^{[a - e^{(-b - c \cdot x)}]}$$

	Trapoeraba ($\mu\text{L planta}^{-1}$)		Trapoeraba ($\mu\text{L cm}^{-2}$)		
	Entrelinha		Entrelinha		
	Com	Sem	Com	Sem	
Estimativa dos parâmetros	A	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052
	B	-1,2764	-1,2217	-2,6518	-2,2839
	C	0,2169	0,2466	10,2926	10,9214
Média ($\mu\text{L planta}^{-1}$)	8,7031	7,4419	0,3243	0,2616	
Moda	5,8840	4,9542	0,2576	0,2091	
Mediana	7,5734	6,4403	0,2932	0,2427	
Nº de repetições	125	125	125	125	
S Q Total	421680,0000	421680,0000	421680,0000	421680,0000	
S Q Regressão	421321,2700	421000,9200	419316,8100	418759,8700	
S Q Resíduo	358,7253	679,0780	2363,1872	2920,1293	
F Regressão	72231,3747	38127,5106	10912,3769	8819,3802	
R ²	0,9965	0,9934	0,9773	0,9719	

volumétrico ($DMV = 329\mu\text{m}$), há grande variação no diâmetro das gotas formadas sendo que 10% do volume acumulado corresponde a gotas menores que $175\mu\text{m}$. (Spraying Systems Co, 1995). O carregamento da calda à 40.000 volts provavelmente permitiu a formação de gotas suficientemente carregadas ao ponto das plantas exercerem poder de atração sobre as mesmas, ou pelo menos parte delas.

Um outro aspecto a ser considerado que poderia promover uma maior deposição com o uso de eletrostática na pulverização, seria a perda de volume destas gotas em função da evaporação, isto provocaria uma diminuição de sua massa podendo atingir limite

crítico de Rayleigh ocorrendo rupturas e conseqüentemente formação de gotas menores (Law & Bowen, 1975), mais facilmente atraídas pela plantas. O fornecimento de uma força de aproximadamente $2,3 \times 10^{-7}$ Newton produzindo gotas carregadas de 100 μm comparada com a força da gravidade que é de aproximadamente 5×10^{-9} N e gotas menores, de 50 μm por exemplo, carregadas com o sistema electrodyn a relação da eletricidade com o campo de força da gravidade é excedido em duas ordens de magnitude (Coffee, 1979).

Para verificar os depósitos no solo nos dois sistemas de pulverização determinou-se o depósito de traçantes em lâminas dispostas no solo em diferentes posições com relação a linha e entrelinha da cultura. As lâminas corresponderam ao ultimo alvo a ser atingido pelas gotas.

Os resultados são apresentados nas figuras 18 e 19 (análises apresentadas no Quadro 7). Nas duas condições estudadas, com e sem energia, houve aumentonos depósitos com o distanciamento da linha da cultura.

Observa-se que os depósitos foram progressivamente mais desuniformes na medida em que houve o deslocamento da linha para o centro da entrelinha. Em todas as posições estudadas, a energização das gotas permitiu a obtenção de depósitos mais uniformes.

Como já foi discutido anteriormente, o depósito nas lâminas, simulando solo, correspondem a perdas quando são utilizados herbicidas de ação exclusivamente de pós-emergência, mas são os principais responsáveis pela ação residual de herbicidas com efeito em pré e pós-emergência.

Quanto à maior uniformidade dos depósitos, mais uma vez pode ser explicada por uma possível ruptura das gotas em gotas menores com o uso de energia proporcionando uma melhor cobertura e os valores acumulados dos depósitos maiores sem o

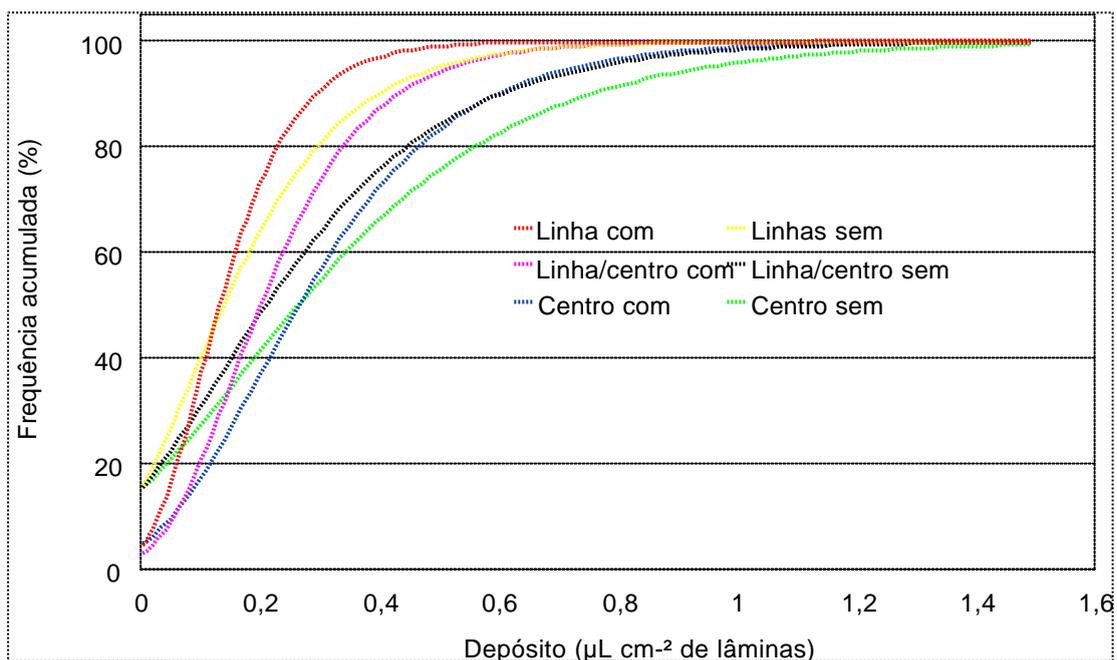


Figura 18 – Frequências acumuladas em porcentagem de lâminas dispostas na linha da cultura, entre a linha e o centro da entrelinha e no centro da entrelinha em função dos volumes de depósito por unidade de área da lâmina.

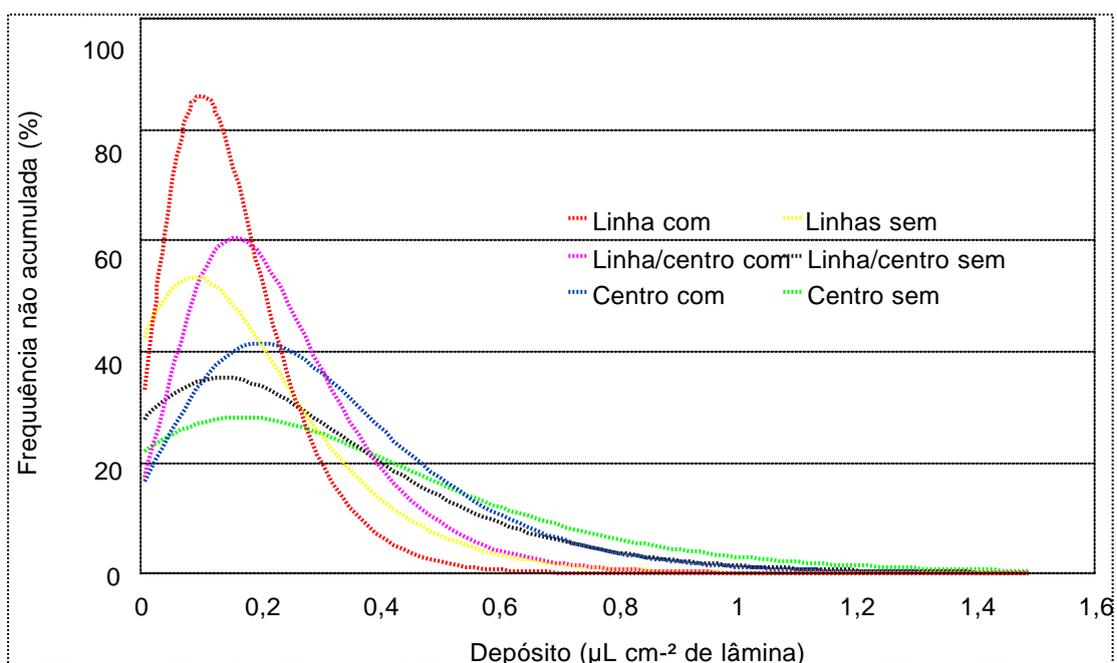


Figura 19 – Frequências não acumuladas em porcentagem de lâminas dispostas na linha da cultura, entre a linha e o centro da entrelinha e no centro da entrelinha em função dos volumes de depósito por unidade de área da lâmina.

Quadro 7. Resultados das análises de regressão entre as frequências acumuladas e os volumes de depósito utilizando o modelo de Gompertz, Média, moda e mediana de lâminas dispostas no solo em diferentes posições em relação a linha da cultura com e sem o uso de energia eletrostática

MODELO		$\text{Frequência Acumulada (\%)} = e^{[a - e^{(-b - c \cdot x)}]}$					
		Lâminas ($\mu\text{L cm}^{-2}$)					
		Centro da entrelinha		Entrelinha/Linha		Linha	
		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Estimativa dos parâmetros	A	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052	4,6052
	B	-1,1327	-0,6439	-1,2921	-0,6421	-1,1851	-0,6432
	C	5,6539	3,8373	8,2257	4,7999	11,7082	7,2650
Média ($\mu\text{L planta}^{-1}$)		0,2918	0,3295	0,2210	0,2681	0,1528	0,1976
Moda		0,2003	0,1678	0,1571	0,1338	0,1012	0,0885
Mediana		0,2652	0,2633	0,2016	0,2101	0,1325	0,1390
Nº de repetições		23	23	46	46	46	46
S Q Total		81739,1300	81739,1300	158369,5600	158369,5600	158369,5600	158369,5600
S Q Regressão		80333,3110	81129,6520	157878,7800	157491,3800	157988,6900	157333,8000
S Q Resíduo		1405,8187	609,4784	490,7779	878,1764	380,8655	1035,7651
F Regressão		600,0061	1396,6891	7077,2019	3945,4616	9125,9330	3341,8223
R ²		0,9265	0,9681	0,9871	0,9770	0,9900	0,9729

uso de energia se devem provavelmente à competição das gotas carregadas pelos alvos naturais, e também pelo fato das lâminas serem de vidro, material mal condutor de energia, aumentando a possibilidade de que as quantidades depositadas nas mesmas se devem às forças mecânicas e gravitacionais envolvidas no processo de pulverização, observando ainda, que estas diferenças diminuiriam com o distanciamento da linha da cultura.

6.3. Doses pontuais:

No primeiro estudo complementar em casa de vegetação, avaliou-se o controle de *B. plantaginea* (2 a 3 folhas) pelo glyphosate. O herbicida foi aplicado com microseringa e diluído em um volume total de calda de 10 μ L planta⁻¹. As concentrações testadas foram 0,0153%; 0,0183%; 0,025%; 0,0312%; 0,390%; 0,052%; 0,125%; 0,25% e 0,50%. Observa-se que a concentração de 0,025%, correspondente a 2,5 μ L do produto comercial Roundup por planta, foi suficiente para induzir 100% de mortalidade nas plantas testadas. Utilizando-se as informações de depósitos unitários para frequências acumuladas de 90% e 95%, obtidas no primeiro estudo de campo, calculou-se as doses de produto comercial que permitiriam obter doses unitárias iguais ou superiores a 2,5 μ L de Roundup por planta. Com base nos dados originais, selecionou-se o menor depósito unitário observado e calculou-se a concentração e, conseqüentemente, a dose de p.c.ha⁻¹, para que este mínimo volume de depósito unitário carregasse 2,5 μ L de glyphosate garantindo o controle de 100% da população. Os resultados são apresentados na Quadro 8.

Autores citados na revisão de literatura (Dario et al., 1993, Marochi, 1996, Leite, 1996) mencionam o controle de *B. plantaginea* com doses superiores às

determinadas com os depósitos pontuais com exceção da dose determinada para controle de 100 % da população na linha.

Quadro 8. Doses de produto para controle de diferentes porcentagens da população de *Brachiaria plantaginea* na linha e entrelinha da cultura de acordo com volumes de depósito obtido no experimento de campo.

Dose necessária (L do p.c. ha ⁻¹)		
% de controle	Linha	Entrelinha
100	10,58	0,70
95	0,30	0,19
90	0,16	0,16

Commelina benghalensis, outra importante infestante da cultura da soja, provocando redução na produtividade e aumentando a umidade dos grãos no momento da colheita se apresenta tolerante ao herbicida glyphosate, sendo necessário altas doses de produto para seu controle. Na figura 20 observa-se o efeito de diferentes concentrações de glyphosate aplicado sobre trapoeraba, onde houve início de redução da área foliar a partir de 0,25 % da dose comercial em relação a testemunha, ocorrendo inibição total da parte aérea na concentração de 0,75 %.

Ao estabelecer uma relação da concentração que proporcionou 100 % de controle em casa de vegetação e os volumes de depósitos recuperados no segundo trabalho a campo (Quadro 9), verifica-se a necessidade de doses extremamente altas e inviáveis economicamente para obter elevados níveis de controle desta espécie com uso do glyphosate, principalmente para as plantas localizadas na linha da cultura. O uso do sistema eletrostático na pulverização proporcionaria economia considerável nas doses a serem aplicadas.

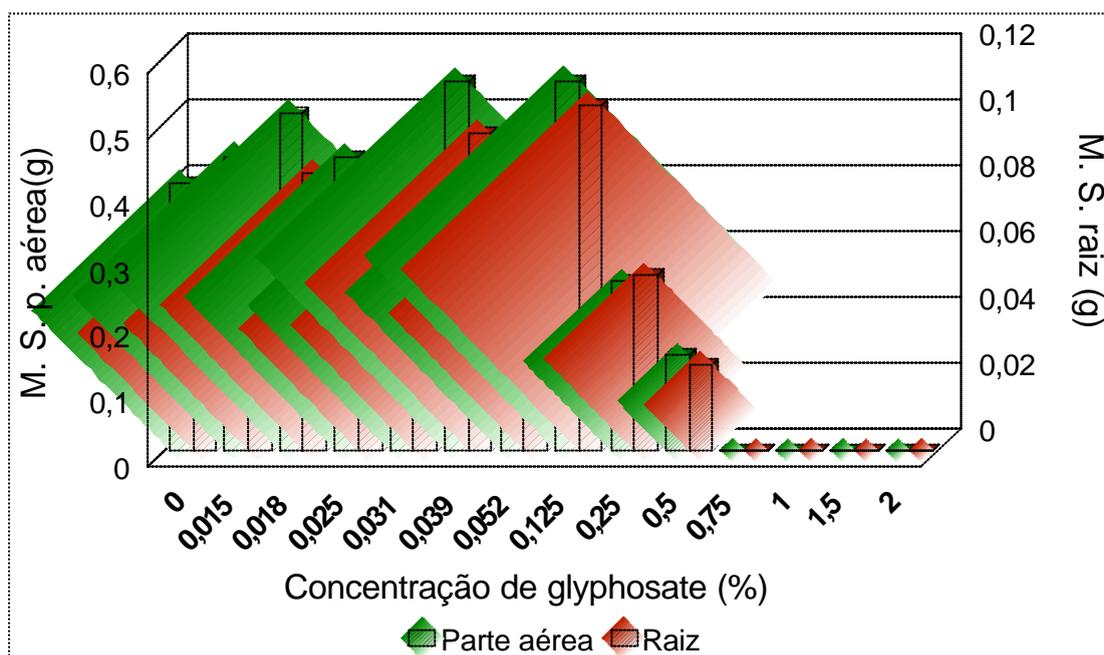


Figura 20 - Efeito sobre o desenvolvimento vegetativo de *C. benghalensis* após 21 dias da aplicando-se 20 μ L por planta nas diferentes concentrações de glyphosate

Quadro 9. Dose necessária para controle da população de *C. benghalensis* localizadas na linha e entrelinha da cultura com e sem o uso do sistema eletrostático conforme depósitos unitários recuperados na aplicação a campo.

Nível de controle	Linha com eletrização	Linha sem eletrização	Entrelinha com eletrização	Entrelinha sem eletrização
(%)	Dosagem em L de p.c. ha ⁻¹			
100	30,85	268,57	26,24	54,48
95	22,04	140,733	14,53	40,54
90	14,72	110,06	10,03	14,96
80	9,72	67,52	4,34	5,24
70	6,05	33,70	3,19	3,40
60	4,80	12,45	2,63	2,77
50	3,67	5,47	2,09	2,46

De modo coerente com o observado neste estudo, Ramos & Durigan (1996), verificaram que as doses de 0,65 e 1,3 kg de ingrediente ativo por hectare de glyphosate não apresentaram diferenças significativas no peso médio de *Commelina virginica* em relação a testemunha.

Rocha (2001) obteve controle insatisfatório de *C. benghalensis*, *C. erecta* aos 28 dias após aplicação de glyphosate na dosagem de 960 g i.a. ha⁻¹. Entretanto o controle de *C. villosa* foi de 96 % na mesma dosagem de glyphosate, concluindo que o controle químico deste gênero é dependente da espécie.

Inúmeros são os trabalhos argumentando sobre a tolerância do gênero *Commelina* ao glyphosate, entretanto, os resultados apresentados neste trabalho, indicam que um dos principais problemas no controle de *C. benghalensis* pelo glyphosate corresponde à desuniformidade dos depósitos de pulverização.

A análise de todos os resultados indica que a irregularidade dos depósitos pode levar à necessidade de aumentos na dose aplicada que podem sobrelevar em varias vezes os incrementos de doses necessários para compensar perdas por deriva, por exemplo. Apesar disto, estudos procurando estabelecer a dispersão de depósitos no solo ou em populações de plantas daninhas são praticamente inexistentes. Exceções são os trabalhos de Souza et. al. (2000 a), Souza et. al. (2000 b), Negrisoli et al. (2000) e Tofoli (2001).

7. CONCLUSÕES

Para as condições em que esta pesquisa foi realizada, são válidas as seguintes conclusões:

A irregularidade dos depósitos pode levar à necessidade grandes aumentos na dose aplicada para que elevados níveis de eficiência de herbicidas sejam alcançados em condições de campo.

A proximidade das plantas daninhas com a cultura desuniformiza e reduz os depósitos de calda de aplicação. Conseqüentemente, plantas daninhas localizadas na linha da cultura exigem maiores doses de herbicidas para serem controladas.

A eletrização das gotas uniformizou os depósitos em *Commelina benghalensis*, permitindo reduzir as doses teóricas de glyphosate necessárias para alcançar altos níveis de controle desta espécie.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CHAIM, A. Desenvolvimento de um pulverizador eletrohidrodinâmico: avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (*Enneothrips flavens* Moulton, 1951), em amendoim (*Arachis hipogaea* L.). Jaboticabal, 1984. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas e Veterinária, Universidade Estadual Paulista.

CHAIM, A., MAIA, A. H. N., PESSOA, M. C. P. Y., HERMES, L.C. Método alternativo para estimar deposição com uso de papel sensível à água. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 34p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 1).

CHAIM, A., LARANJEIRO, A. J., CAPALBO, D. M. Bico pneumático eletrostático para aplicação de inseticidas biológicos em floresta de eucalipto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 33p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 3)

COFFEE, R. A. Electrodynamic energy – a new approach to pesticide application. In: British Crop Protection Conference – Pests and disease. Proceedings, 1979. p.777-9.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrônômicas. *Normas para elaboração de dissertações e teses*. Botucatu, 1997. 35p.

COFFEE, R. A.; RIVETT, P. Electrodynamics spraying and the control of pests of agricultural crops. In: Conference on new methods for pesticide application, Budapest, 1982. p. 5-6.

DARIO, G.J.A., DARIO, P.W., BALTIERI, E.M. Avaliação da eficiência do herbicida glyphosate no controle de plantas daninhas ocorrentes na cultura do café (*Coffea arabica*). In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 19, 1993, Londrina. *Resumos...* Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1993. p. 233-234.

FEDRIZZI, M., MENESATTI, P., PARI, L., VANNUCCI, D. Laser system for the movement track of a horizontal spray boom: equipment, methodology and first experimental results. *Rivista di Ingegneria Agrária*. Italy, v. 26, n. 3, p. 129-126, 1995.

FOLONI, L.L., CAMPOSILVAN, D., MIRANDA, R. Eficiência do herbicida Roundup Ready (Mon 77280) aplicado em diferentes épocas, e tolerância às cultivares de soja transgênicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. *Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 414.

FOLONI, L.L., CAMPOSILVAN, D., MIRANDA, R. Eficiência do herbicida Roundup Ready (Mon 77280) aplicado em pós emergência no controle de *Euphorbia heterophylla* em soja tolerante a Roundup ready. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. *Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 414.

GAZZIERO, D.L.P., KIHLE, R.A.S., ALMEIDA, L.A. Avaliação da eficiência e seletividade do herbicida glyphosate aplicado na cultivar BR-16 RR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. *Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 398.

IYER, R. M., WILLS, B. M. D. Factors determining the design of tractor-mounted sprayer booms – Sprayer Nozzle characteristics. *Jornal Agricultural Engineering Researches*, v.23, p. 37-43, 1978.

KARAN, D., GAZZIERO, D.L.P., VOLL, E., MALLASSEN, M.C. Estudos de interferência de plantas daninhas com a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) em casa de vegetação. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 19, 1993, Londrina. *Resumos...* Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1993. p. 73-4.

KAUL, P., GEBAUER, S., NEUKAMPF, R., GANZELMEIER, H. Modelling of direct drift of plant protection products - field sprayers. *Nachrichtenblatt-des-Deutschen-Pflanzenschutzdienstes*. German, v. 48, n. 2, p. 21-31; 1996.

KISSMAN, K.G. *Plantas infestantes e nocivas*. São Paulo, BASF, 1992. 715p.

KISSMAN, K.G. *Plantas infestantes e nocivas*. São Paulo: BASF, 1991. 607p.

KOGAN, M. Efecto de la calidad del agua en la actividad del glyphosate, com especial enfasis en la concentracion de cationes y pH de la solucion. In: XIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE MALEZAS, 13, 1997, Buenos Aires. *Resumos...* Buenos Aires: Asociación Latino americana de Malezas, Asociación Argentina de Protección Vegetal, 1997. p. 273.

LAW, S.E. Basic phenomena active in electrostatic pesticide spraying. In: K.J. BRENT, R.K. ATKIN (Eds.), *Rational Pesticide Use*. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1987, p.81-105.

LAW, S.E., BOWEN, H.D. Hydrodynamic instability of charged pesticide droplets settling from cropspraying aircraft: theoretical implications, *Trans. ASAE(Am. J. Agric. Eng.)* v.31, n.6, 1988. p.1689-1.

LAW, S.E., BOWEN, H.D. Theoretically predicted interactions of surface charge and evaporation on airborne pesticide droplets. *Trans. ASAE(Am. J. Agric. Eng.)*, n. 18, 1975 p35-9.

LAW, S.E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during the 20th century. *Journal of Electrostatics*, v.51, 2001. p.25-4

LEITE, C. R. T. Eficiência do herbicida Zapp (Sulfosate sob diferentes doses e adjuvantes no controle da planta daninha *Brachiaria plantaginea* (Capim-marmelada). Zapp: O desafio novo. São Paulo: Zenica Agrícola, 1996. p41-2.

LORENZI, H. *Plantas Daninhas do Brasil*. 2 ed. Nova Odessa, Plantarun, 1991. 440 p.

MACHADO NETO, J.G., LUSVARGHI, H.N. Efeito de diferentes doses de glyphosate sobre as comunidades infestantes de culturas. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 13, 1980, Ilheus/Itabuna. *Resumos...* Ilheus/Itabuna: Sociedade Brasileira de herbicidas e Ervas Daninhas, Centro de Pesquisas do Cacau, 1980. p. 118.

MAROCHI, A.I. Avaliação do período ideal entre aplicação e ocorrência de chuva, para herbicidas de ação sistêmica, utilizados em dessecação no plantio direto. Zapp: O desafio novo. São Paulo: Zenica Agrícola, 1996. p67-3.

MATHEWS, G.A. Electrostatic spraying of pesticides: a review. Crop protection, v.8, 1989. p.3-15.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: **TECNOLOGIA E SEGURANÇA NA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: NOVAS TECNOLOGIAS**, 2, 1998. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 95-1.

NEGRISOLI, E, TOFOLI, G. R., VELINI, E. D., MARTINS, D., PALLADINI, L. A. Depósitos unitários de calda de pulverização com e sem aterbane em plantas de *Salvinia* (*Salvinia molesta*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu : Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2000, p.471.

NORDBY, A., SKUTERUD, R. The effects of boom height, working pressure and wind speed on spray drift. *Weed-Research*, v.14, n.6, p. 385-395, 1974.

OZEKI, Y., KUNZ, R. P. Tecnologia de aplicação aérea – Aspectos práticos. In: **TECNOLOGIA E SEGURANÇA NA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: NOVAS TECNOLOGIAS**, 2, 1998. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 65-78.

PALLADINI, L.A. *Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações*. Botucatu, 2000. 111p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

PARHAM, M. R. Weed control in arable crops with the “Eletrodyn” sprayer. Proceedings, British Crop Protection Conference – Weeds 3, 1982. p.1017-1.

PIO, C.L. Caracterização de equipamentos adequados para aplicação de herbicidas. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21, 1997, Caxambu. *Palestras e mesas redondas...* Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 155-161.

RAMON, H., LANGENAKENS, J., Model-Based Improvement of the Spray Distribution by Optimal Positioning of the Spray Nozzles, *Crop Protection*, 1996, Vol. 15(2), pp. 153-158

RAMOS, H. H., DURIGAN, J. C. Avaliação da eficiência da mistura pronta de glyphosate + 2,4 D no controle de *Commelina virginica* L. em citros. *Planta Daninha*, v.14, n.1, 1996. p.33-1.

ROCHA, D. V. *Caracterização morfo-anatômica e genética de quatro espécies invasoras de Commelina*. Botucatu, 2001. 110p. TESE (Doutorado em Ciências Biológicas/Botânica). Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista.

SAKAI, R.Y., HAYASHI, N. Controle de plantas daninhas com glyphosate no sistema de plantio direto na cultura do trigo. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20, 1995, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995. p. 109-110.

SOUZA, R. T., MACIEL, C. D. G., VELINI, E. D. Avaliação dos depósitos unitários de calda de pulverização em plantas daninhas da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. *Anais... Foz do Iguaçu* : Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2000, p.473 a.

SOUZA, R. T., MACIEL, C. D. G., ALVES, E., MENDONÇA, C. G., CORREA, M. R., VELINI, E. D. Depósitos unitários de calda de pulverização em reboleiras de plantas daninhas em aplicações de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. *Anais... Foz do Iguaçu*: Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2000, p.474 b.

SOUZA, R.T., PALLADINI, L.A., VELINI, E. D. Deposição em pulverizações com e sem energia eletrostática com diferentes pontas de aplicação sobre *Euphorbia heterophila* na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. *Resumos...Gramado*: Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2002, p.699

SOUZA, R.T., PALLADINI, L.A., VELINI, E. D. Depósitos de pulverização com e sem energia eletrostática com diferentes pontas no volume de 50 l ha⁻¹ em aplicação em pós-emergência na cultura da soja sobre *Euphorbia heterophila* na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. *Resumos...Gramado*: Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2002, p.712

SPRAYING SYSTEMS Co. TT110 – Series turbo teejet: tips drop size data in micrometres versus pressure, 1995.

STARR, D.; ALEXANDER, R.; WATSON, D. Pesticide Application Using Electrostatic Spray Process. <http://outreach.missouri.edu/agconnection/newsletters/is-99-04.htm#Electrostatic>. Acessado em 20- 05-2002.

TOMAZELA, M. S. *Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de Brachiaria plantaginea (Link) Wicth, volume e ângulo de aplicação*. Botucatu, 1997. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

TOFOLI, G. R. Efeito do tamanho do alvo e condições operacionais sobre a uniformidade de deposição de pulverizações em pré-emergência. Botucatu, 2001. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

VELINI, E.D. Estudos e desenvolvimento de métodos experimentais e amostrais adaptados à matologia. Jaboticabal, 1995. 250p. (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

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