

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COBERTURA E DEPÓSITO DE CALDA HERBICIDA EM
CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA LARGURA DA BARRA
DE PULVERIZAÇÃO, DECLIVIDADE DO TERRENO E
CONDIÇÃO METEOROLÓGICA**

**Edison Baldan Júnior
Engenheiro Agrônomo**

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COBERTURA E DEPÓSITO DE CALDA HERBICIDA EM
CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA LARGURA DA BARRA
DE PULVERIZAÇÃO, DECLIVIDADE DO TERRENO E
CONDIÇÃO METEOROLÓGICA**

Edison Baldan Júnior

Orientadora: Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo)

2015

Baldan Júnior, Edison
B175c Cobertura e depósito de calda herbicida em cana-de-açúcar em função da largura da barra de pulverização, declividade do terreno e condição meteorológica / Edison Baldan Júnior. – – Jaboticabal, 2015 V, 49 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Banca examinadora: Carlos Alberto Mathias Azania, Rouverson Pereira da Silva
Bibliografia

1. Tecnologia de aplicação. 2. Cana-de-açúcar. 3. Plantas daninhas. 4. Sistematização de terrenos. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.954:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULÁRES DO AUTOR

EDISON BALDAN JÚNIOR – nascido em 15 de maio de 1976, na cidade de Matão/SP, filho de Edison Baldan e Dalva Baldan Peracini, é Engenheiro Agrônomo formado pelo Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal, localizado em Espírito Santo do Pinhal/SP, no ano 2000. Foi supervisor de Tratos Culturais na Usina Santa Luiza entre os anos de 2000 a 2006, onde desempenhou a atividade de manutenção e formação dos canaviais. Também foi supervisor de tratos culturais na Usina Mundial no ano 2007. Atualmente, desempenha suas atividades como Suporte Técnico na Usina São Martinho, atuando desde 2008 na área de plantio e tratos culturais, com foco no controle de plantas daninhas. Em 05 de agosto de 2013 iniciou curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Univ Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal.

“O melhor meio de provar a realidade do efeito é fazer sua aplicação a si mesmo”

Allan Kardec

Aos meus pais Edison Baldan e Dalva Baldan Peracini pela oportunidade de ser educado, amado e querido por vocês. Ao meu avô Adolfo Baldan pelo seu pioneirismo e pela contribuição no desenvolvimento da agricultura brasileira, que tanto me incentivou. A minha querida avó e segunda mãe Ida Baldan de Carvalho pelo seu carinho e amor

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por esta oportunidade.

À Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra pela orientação, amizade, conhecimento e disponibilidade de tempo para a condução dos trabalhos.

Ao Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira pela orientação, incentivo, amizade e disponibilidade de equipamentos determinantes para a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, e em especial ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo), pela oportunidade da realização do Curso de Mestrado.

À Usina São Martinho pela oportunidade do tempo e por acreditar na relevância deste trabalho.

Ao Luis Alberto Henriques por me ensinar o valor do trabalho e ser um exemplo para a minha vida profissional.

Ao Luis Gustavo Teixeira pelo incentivo, confiança e apoio na minha vida profissional.

À Professora Palma Pinotti que tanto me incentivou em sempre estudar.

Ao Gilson Leite e NEDTA pelo apoio na condução dos trabalhos de campo e de laboratório.

Aos meus familiares e amigos.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

Assunto	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
I INTRODUÇÃO.....	1
II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
1 Aspectos conjunturais da cultura da cana-de-açúcar no Brasil.....	2
2 Controle químico de plantas daninhas em cana-de-açúcar.....	3
3 Uso de produtos fitossanitários no Brasil.....	6
4 Tecnologia de aplicação no controle de plantas daninhas.....	7
4.1 Condições meteorológicas para aplicações.....	8
4.2 Pulverizadores terrestres de barras horizontais.....	9
4.3 Depósito e cobertura da calda de pulverização.....	12
5 Sistematização agrícola de canaviais.....	13
III MATERIAL E MÉTODOS.....	14
1 Instalação e condições experimentais.....	14
2 Análise da cobertura de gotas em papéis hidrossensíveis.....	21
3 Análise do depósito de calda em coletores artificiais passivos.....	22
IV RESULTADOS.....	24
1 Porcentagem de cobertura de gotas em papel hidrossensível.....	24
2 Depósito médio de calda em coletores artificiais passivos.....	25
V DISCUSSÃO.....	26
VI CONCLUSÕES.....	29
VII REFERÊNCIAS.....	30

COBERTURA E DEPÓSITO DE CALDA HERBICIDA EM CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA LARGURA DA BARRA DE PULVERIZAÇÃO, DECLIVIDADE DO TERRENO E CONDIÇÃO METEOROLÓGICA

Resumo – A manutenção da produtividade e rentabilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é dependente o uso de herbicidas. Pesquisas relacionadas à qualidade da aplicação de herbicidas em função da largura da barra de pulverização, condições meteorológicas e declives em áreas sistematizadas para mecanização agrícola da cultura ainda são escassos. Tem-se a hipótese que a sistematização de terrenos pode favorecer o uso de barras de maior largura, independentemente das condições meteorológicas encontradas no momento da aplicação e da declividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a cobertura e o depósito de calda herbicida em função da largura da barra de pulverização, do gradiente de declividade e das condições meteorológicas em área de cana com plantio sistematizado. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 x 2, em quatro repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação da largura da barra de pulverização (15 e 27 m), declividade do terreno (0 a 5% e 5,1 a 10%) e condições meteorológicas (recomendadas e adversas). Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e quando houve significância as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. A cobertura de gotas foi superior com a barra de pulverização de maior largura, em maior declive e em condições meteorológicas recomendadas. Quanto ao depósito de calda sobre os coletores artificiais, houve deposição superior com a barra de largura maior e sob condições meteorológicas recomendadas. Porém, houve efeito significativo da declividade nos valores de depósito sobre o alvo.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação, plantas daninhas, sistematização do terreno, recuperação de marcador metálico

COVERAGE AND UPTAKE BY SPRAYING HERBICIDE IN SUGARCANE CROP DUE THE SPRAY BOOM WIDTH, TERRAIN DECLIVITY AND WEATHER CONDITION

Abstract – Maintaining the productivity and profitability of sugarcane crops (*Saccharum spp*) depends on the use of herbicides. Research related to the quality of herbicides application by the width of the spray boom, weather and terrain declivity in path planning areas for agricultural mechanization of sugarcane are still unclear. It has been hypothesized that the path planning areas can favor the use of larger width spray booms, regardless of weather conditions found at the time of application and the declivity. Here we evaluate the coverage and uptake by spraying herbicide in sugarcane crop due the spray boom size, terrain declivity and weather condition. The experimental design was a randomized block in a factorial 2 x 2 x 2, with four replications. The factor levels were made by combining the result of the spray boom width (15 and 27 m), terrain declivity (0 to 5% and 5,1 to 10%) and weather condition (recommended and adverse). The data were submitted to F test analysis of variance (ANOVA) and the means of the plots were compared using the Tukey test at 5% probability. The coverage of droplets was higher with the bigger spray boom, on upper declivity and under weather condition recommended. About the deposition on the artificial collectors, uptake was higher using the spray boom more width and under weather condition recommended. Otherwise, there was a significant effect of declivity on spray deposit values over the artificial targets.

Keywords: Technology of application, weeds, path planning, recovery of metallic marker

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
FIGURA 1. Parcelas experimentais delimitadas com estacas de madeira em terreno sistematizado para a mecanização agrícola da cultura da cana-de-açúcar.....	15
FIGURA 2. Visão geral das áreas experimentais instaladas em terrenos com gradientes de declividade distintos.....	16
FIGURA 3. Visão geral do terreno com declividade de 0 a 5% e a disposição dos tratamentos.....	17
FIGURA 4. Visão geral do terreno com declividade de 5,1 a 10% e a disposição trtamentos.....	17
FIGURA 5. Pulverizador Herbiplus G III [®] equipado com barra de pulverização central com 15 metros de largura.....	18
FIGURA 6. Pulverizador Patriot 350 [®] equipado com barra de pulverização traseira com 27 m de largura.....	18
FIGURA 7. Termohigrômetro e anemômetro digital utilizados para monitoramento das condições meteorológicas no momento das aplicações da calda herbicida.....	19
FIGURA 8. Detalhe do posicionamento dos papéis hidrossensíveis em placas de petri nas avaliações de cobertura da calda pulverizada.....	22
FIGURA 9. Detalhe da adição do marcador metálico para posterior quantificação do depósito da calda pulverizada.....	23
FIGURA 10. Detalhe do posicionamento dos discos de papel filtro utilizados como coletores nas avaliações do depósito da calda pulverizada.....	23
FIGURA 11. Esquema do processo de recuperação do marcador metálico por espectrofotômetro de absorção atômica.....	23
FIGURA 12a. Porcentagem de cobertura em condição meteorológica 1.....	25
FIGURA 12b. Porcentagem de cobertura em condição meteorológica 2.....	25

FIGURA 13a. Depósito médio de calda em declividade de 0 a 5%.....	26
FIGURA 13b. Depósito médio de calda em declividade de 5 a 10%.....	26

I INTRODUÇÃO

A manutenção da produtividade da cultura da cana-de-açúcar, em linhas gerais, é garantida pelo uso de herbicidas, uma vez que estes produtos têm papel fundamental no manejo de plantas daninhas. Por outro lado, são frequentes os relatos de falhas no controle de algumas plantas mesmo quando são aplicados estes produtos.

O sistema atual de aplicação de herbicidas em larga escala adotado por usinas sucroalcooleiras, em que as pulverizações são realizadas sem levar em consideração as condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, contribui para a ineficácia no controle de plantas daninhas e exposição a riscos ambientais.

A ciência denominada tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários busca o desenvolvimento de técnicas que atendam aos anseios do setor produtivo, em termos de: melhorar a eficiência biológica do tratamento fitossanitário; aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores; reduzir custos nas aplicações para tratamento fitossanitário e, sobretudo, minimizar os riscos ambientais.

No caso da cana-de-açúcar, pesquisas relacionadas à qualidade da aplicação de herbicidas em função da largura da barra de pulverização, condições meteorológicas e declives em áreas sistematizadas para mecanização agrícola da cultura ainda são escassos. Tem-se a hipótese que a sistematização de terrenos pode favorecer o uso de barras de maior largura, independentemente das condições meteorológicas encontradas no momento da aplicação e da declividade.

As necessidades de redução de custos com reaplicações e poluição do ambiente exigem racionalização no uso de herbicidas e isto pode ser adquirido com uma tecnologia de aplicação mais eficiente, ou seja, que atinja o alvo adequadamente promovendo uma aplicação segura e eficaz. Logo, justificando-se este estudo devido à grande importância das pulverizações para a redução dos efeitos negativos da matocompetição na cultura da cana.

Contudo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a cobertura e o depósito de calda herbicida em função da largura da barra de pulverização, do gradiente de

declividade e das condições meteorológicas em área de cana com plantio sistematizado.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 Aspectos conjunturais da cultura da cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae e ao gênero *Saccharum*, que abrange várias espécies. Entretanto, geralmente as canas cultivadas são híbridas. A evolução da cultura no Brasil foi marcante, de sua introdução no século XVI à maior produtor no cenário agrícola atual e pioneiro na introdução do etanol em sua matriz energética (OCDE-FAO, 2015).

Por ser uma planta com metabolismo C_4 , a cana-de-açúcar possui alta eficiência na conversão de energia radiante em energia química. Soma-se esta característica às condições edafoclimáticas brasileiras e o resultado é uma canavicultura de excelência. Conforme Agrianual (2014), na safra agrícola brasileira de 2014, a cana ocupou 9,7 milhões de hectares, com produção superior a 652 milhões de toneladas e rendimento médio de 67 t ha^{-1} . Números que mantêm o Brasil posicionado em primeiro lugar no *ranking* de produção desta *commodity*, a frente de países como Índia, China, Tailândia, Paquistão, México, Filipinas, Estados Unidos e Austrália.

O Estado de São Paulo destaca-se como maior produtor de cana no cenário nacional, contando com diversas unidades produtoras e atingindo produtividades que ultrapassam a marca de $100\text{-}110 \text{ t ha}^{-1}$ (GAVA, 2015). Estes patamares de produtividade são reflexos de ações integradas, dentre elas: utilização de cultivares mais produtivas e canaviais em estágio inicial de produção, em que a produção por área é mais elevada comparada a estágios mais avançados do ciclo produtivo da cultura.

Exigências trabalhistas e ambientais nacionais e internacionais têm provocado mudanças na lavoura canavieira, impactando de forma direta em novos conhecimentos agrônômicos para a sustentabilidade econômica, ambiental e social

do setor. Como consequência, foi intensificado o processo de mecanização da cultura, com destaque para a colheita e plantio mecanizados (NEVES et al., 2014).

A mecanização do sistema de produção canavieiro tem sido a principal causadora de mudanças e expectativas no setor. Com expressivos investimentos em maquinários dotados de sistemas sofisticados de gerenciamento de fertilizantes, produtos fitossanitários, dentre outros, está sendo configurada uma agricultura de precisão, poupando recursos naturais e financeiros (BRENHA et al., 2014).

No entanto, embora tenha havido os investimentos mencionados acima, o setor sucroenergético nacional passa por grandes dificuldades. Os anos de crise na economia nacional estão repercutindo na descapitalização dos produtores e usinas, consequentemente, na redução nos tratos culturais e envelhecimento dos canaviais (NEVES, VALERIO, 2015).

Em contrapartida, há perspectivas otimistas para o setor. Os constantes esforços por inovação e redução de custos têm sido grandes aliados para ajudar a tornar mais competitiva a cana-de-açúcar brasileira (NEVES et al., 2014). Neste contexto, a busca por soluções mais eficientes nos campos de produção de cana tem papel fundamental, sendo o tratamento fitossanitário de grande relevância.

2 Controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

No âmbito da agricultura, são definidas plantas daninhas quaisquer vegetais que cresçam onde não se deseja. Com base nesta ampla definição, também são consideradas espécies daninhas os rebrotes de plantas cultivadas anteriormente que vegetam espontaneamente em lavouras subsequentes (LORENZI, 2014). No caso da cana-de-açúcar, podem ser as plantas de amendoim, soja e outras usadas em áreas de reforma de canaviais.

Os prejuízos provocados por plantas daninhas devido à concorrência por água, nutrientes, CO₂, luz e ainda pela inibição química sobre o desenvolvimento das plantas por “alelopatia” constituem fator limitante para se atingir altas produtividades em cultivos comerciais. Há décadas sabe-se que as plantas daninhas, se não controladas, podem causar perdas de até 85% na produtividade de um canavial (VICTORIA FILHO, CHRISTOFFOLETI, 2004).

De acordo com Procópio (2003), as principais plantas daninhas da cana na região centro-sul são: *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária), *Panicum maximum* (capim-colonião), *Digitaria spp.* (capim colchão), *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada), *Cenchrus echinatus* (capim-carrapicho), *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha), *Cynodon dactylon* (grama-seda), *Sorghum halepense* (capim-massambará), *Sorghum arundinaceum* (capim-falso-massambará), *Cyperus rotundus* (tiririca), *Ipomoea spp* e *Merremia spp* (corda-de-viola), *Amaranthus spp* (caruru), *Portulaca oleracea* (beldroega), *Commelina benghalensis* (trapoeraba), *Emilia sonchifolia* (falsa-serralha), *Sonchus oleraceus* (serralha), *Ageratum conyzoides* (mentrasto), *Euphorbia heterophylla* (leiteiro), *Raphanus raphanistrum* (nabiça), *Richardia brasiliensis* (poaia-branca), *Acanthospermum hispidum* (carrapicho-de-carneiro), *Bidens pilosa* (picão-preto) e *Sida spp.*(guanxuma).

Com o advento da mecanização da colheita da cana, e a subsequente deposição anual e manutenção da camada de palha sobre a superfície do solo, era de se esperar que a emergência de espécies daninhas fosse prejudicada pela barreira física que a palha impõe sobre as plântulas. No entanto, segundo Kuva, Pitelli e Salgado (2007), na região de Ribeirão Preto, onde é predominante a colheita mecanizada de cana crua, ou seja, sem queima prévia da palha, as espécies *C. rotundus*, *I. hederifolia* e *I. nil* são importantes plantas daninhas.

Embora a camada de palha oriunda do processo de colheita mecanizada crie uma barreira física para plântulas, altere o balanço hídrico, a amplitude térmica do solo e, principalmente, a quantidade e a qualidade da luz que atinge a superfície do solo (VELINI, NEGRISOLI, 2000), há espécies que se desenvolvem neste ambiente e sob tais condições.

Sabe-se que as sementes apresentam diferentes respostas à luminosidade. Castro e Vieira (2001) explicam que as sementes podem ser classificadas em três categorias: fotoblásticas positivas (germinam melhor quando expostas à luz), fotoblásticas negativas (germinam melhor sem incidência de luz) e as fotoblásticas neutras (são indiferentes à presença da luz durante a germinação). Portanto, se tratando de espécies cujas sementes são classificadas em fotoblásticas negativas, a manutenção de palha sobre o solo não significa o controle de plantas daninhas.

Isto posto, Silva, Costa e Martins (2003) observaram que 8 toneladas de palha de cana por hectare retardaram a emissão de manifestações epígeas de *C. rotundus*, entretanto, não afetaram a sua densidade final. Já, com 16 toneladas de palha houve redução no número de manifestações epígeas, porém, a massa seca acumulada por estas estruturas e a produção de novos tubérculos não foi afetada.

O manejo de plantas daninhas em cultivos comerciais consiste na adoção de certas práticas que permitam redução da infestação, mas não necessariamente em sua erradicação. Pois este último caracteriza-se pelo alto custo, sendo apenas realizado em pequenas áreas, por exemplo: viveiros, jardins e vasos. Portanto, o sucesso no manejo de espécies daninhas pode ser alcançado pela integração dos métodos de controle cultural, mecânico, físico e químico (PROCÓPIO, 2003).

Não obstante, na prática observa-se que é predominante na canavicultura brasileira o controle químico, quer seja por sua melhor operacionalidade, eficiência ou custo. Este tem sido feito principalmente por meio de pulverizadores acoplados tratorizados e autopropelidos, que transladam sobre o terreno cultivado com cana aplicando-se determinada quantidade de calda herbicida por hectare em toda área de abrangência da barra de pulverização (CORREIA, CAMILO, SANTOS, 2013).

O controle químico de plantas daninhas pode ser feito em pré e/ou pós-emergência. O termo pré ou pós-emergência geralmente refere-se à emergência de plântulas originadas de sementes. No que se refere à época de aplicação em pós-emergência, esta pode ser classificada em pós inicial (2 a 4 folhas para plantas dicotiledôneas e até o perfilhamento para gramíneas) e pós tardia (4 a 8 folhas para plantas dicotiledôneas e 1 a 4 perfilhos para gramíneas) (LORENZI, 2006).

É importante ressaltar que, a manutenção da palha na superfície do solo pode alterar a eficácia dos herbicidas aplicados em pré-emergência das plantas daninhas, pois o transporte do herbicida até a superfície do solo deverá ser realizado pela água das próximas chuvas ou irrigação (MACIEL, VELINI, 2005; SIMONI et al., 2006).

Contudo, o controle de plantas daninhas em canaviais não tem sido uma tarefa fácil. Nota-se que, geralmente, há mais preocupação com o herbicida que será usado do que com a técnica de aplicação empregada (CAMPOS et al., 2011).

Portanto, aprimorar a técnica de aplicação de herbicidas tem relevância na redução dos efeitos negativos da matocompetição.

3 Uso de produtos fitossanitários no Brasil

Os produtos fitossanitários têm sido ferramentas importantes na agricultura há décadas, promovendo o controle de insetos-praga, agentes patogênicos e plantas daninhas. Estes garantem que o potencial produtivo dos cultivos fosse alcançado para atender a demanda por alimentos de uma população que está em constante crescimento (BRENHA et al., 2014).

O marco inicial do uso destes compostos químicos na agricultura ocorreu em 1931, com a introdução da molécula sintética do herbicida DDT (diclorodifeniltricloroetano). Posteriormente, deu-se início a “Revolução Verde” em 1950, e os processos tradicionais de manejo na agricultura foram modificados drasticamente (CAMPOS, FERREIRA, ALMEIDA, 2015).

Konradsen et al. (2003) explicaram que, a introdução de agroquímicos na agricultura brasileira foi dada por volta dos anos 60 devido aos Programas de Saúde Pública, visando combate de vetores e parasitas. Na ocasião, a exposição humana a estes produtos já se constituía um grave problema de saúde pública em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento.

A partir de 1970 foi criada a regulamentação dos agrotóxicos, tendo em vista o aumento de seu uso em território brasileiro. Tal legislação foi sendo atualizada por meio de inúmeras portarias e, a posteriori, pela Lei dos Agrotóxicos (Lei 7.802, de 11 de julho de 1987) e sua regulamentação (Decreto nº 98.816, 11 de janeiro de 1990), atualizada conforme a necessidade (Decreto: Lei 4.074, 04 de janeiro de 2002) (TAVELLA et al., 2011).

Historicamente, os herbicidas são os mais utilizados dentre os agrotóxicos. Uma vez que o manejo de plantas daninhas é adotado para diminuir perdas em qualquer exploração agrícola, sendo esta importância tão antiga quanto à própria agricultura (EMBRAPA, 2003). No Brasil, ainda é crescente o consumo dos herbicidas em prol da prática do plantio direto e pelo contínuo processo de expansão da fronteira agrícola brasileira.

É fato que, o ritmo da demanda por alimentos tornou-se dependente dos agrotóxicos. Entretanto, apesar de importantes, a sua aplicação deve ser consciente. A intitulação do Brasil como maior consumidor de agrotóxicos no mundo pela ANDEF em 2009 expõe o grave problema que o sistema de produção brasileiro poderá enfrentar com relação ao uso sustentável destes.

Por outro lado, países como a Dinamarca, há décadas determinaram uma redução de 50% no uso de agrotóxicos em sua produção agrícola. Outros países têm ou estão a considerar tais exigências semelhantes. Entretanto, reduções na utilização de agrotóxicos nessa magnitude exigirão mudanças drásticas em formulações e /ou técnicas de aplicação (THONKE, 1988).

No Brasil, até o momento, não há programas voltados para redução no uso de agrotóxicos. O que tem sido feito são programas de treinamento e capacitação dos envolvidos no processo de aplicação de produtos fitossanitários, geralmente promovidos por instituições de ensino superior e pesquisa (IAC, FCA-Unesp, UFU, UFLA e outras) junto a fabricantes de produtos fitossanitários, de pontas de pulverização e adjuvantes (Arista, Bayer, Basf, Syngenta, Jacto, Magno Jet, Inquima, dentre outras) (CAMPOS et al., 2011).

4 Tecnologia de aplicação no controle de plantas daninhas

Os sistemas agrícolas de produção de cana-de-açúcar em larga escala caracterizam-se pela dependência da aplicação de produtos fitossanitários, sobretudo de herbicidas para o manejo de plantas daninhas. Os custos e os riscos de contaminação envolvidos neste processo exigem técnicas de aplicação eficientes (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007).

Grande quantidade de produtos fitossanitários foi desenvolvida pela indústria agroquímica nos últimos anos. Porém, pouco ou nada mudou na técnica empregada para aplicação destes produtos, independentemente da cultura. Visto isso, há vários relatos de aplicações que resultaram em controle insatisfatório, principalmente devido ao excesso ou déficit de ingrediente ativo que atinge o alvo (DERKSEN; BRETH, 1994).

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode ser definida como o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, se necessário, no “timing” correto, na quantidade requerida, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990). Este campo é um dos mais multidisciplinares dentro da agricultura, uma vez que se reporta ao controle de insetos, ácaros, plantas daninhas e de agentes patogênicos, que considera aspectos da biologia, química, engenharia, ecologia, sociologia e economia (CAMPOS et al., 2011).

Na aplicação de herbicidas, a deposição e a distribuição da calda pulverizada sobre o solo podem ter influência de fatores como: volume de água, velocidade de deslocamento do pulverizador, declividade do terreno onde é feito o tratamento fitossanitário, tipo de equipamento e, principalmente, do diâmetro das gotas pulverizadas (BALDAN; FERREIRA; LEITE, 2013; BYERS et al., 1984).

A escolha e o uso adequado de pontas de pulverização constituem passos importantes para a melhoria das condições de precisão e segurança na aplicação de herbicidas (ALMEIDA, 2014). Ainda segundo este autor, a seleção apropriada das pontas é determinante na quantidade aplicada por área, uniformidade e cobertura da aplicação e no controle de plantas daninhas. No entanto, Cunha (2008) alerta que fatores como altura de lançamento da gota em relação ao alvo, densidade do líquido pulverizado e temperatura do ar influenciam na perda de produtos por deriva.

No caso da cana-de-açúcar, o método tradicional de aplicação de herbicidas em pré-emergência é caracterizado pelo desperdício de energia e produtos devido à aplicação do produto em altos volumes, pontas de pulverização inadequadas e, o mais agravante, sob condições meteorológicas inapropriadas (CUNHA, SOUZA, 2014).

4.1 Condições meteorológicas para pulverizações

O sucesso do tratamento fitossanitário seja este com herbicidas, inseticidas ou fungicidas, depende da adequação da tecnologia de aplicação às condições meteorológicas no momento da aplicação (ANTUNIASSI, 2005). De maneira geral,

as condições limites para uma aplicação são de umidade relativa do ar mínima de 55%; ventos incidentes com velocidades entre 3 e 10 km h⁻¹ e temperatura ambiente inferior que 30°C (ANDEF, 2004; FERREIRA, 2009).

Em contrapartida, tais condições atmosféricas limites são ultrapassadas durante grande parte do ano em várias regiões agrícolas brasileiras, o que “proibiria” a aplicação de herbicidas. Com base neste pressuposto, a tecnologia de aplicação atua no desenvolvimento de processos, equipamentos, acessórios e formulações (adjuvantes) capazes de oferecer determinado grau de resistência às intempéries ambientais, visando superar as limitações meteorológicas e evitar perdas do produto aplicado (AZEVEDO, 2011).

Ferreira (2009) observou que em condições meteorológicas adversas as gotas médias, finas ou muito finas estarão sujeitas à deriva e à evaporação, culminando em perdas da calda aplicada e redução da eficácia de controle. Além disto, também podem expor os operadores aos riscos de intoxicação.

Nascimento et al. (2012) avaliaram o efeito de aplicações com o herbicida glyphosate utilizando-se gotas finas e médias e sob condições meteorológicas distintas. Estes autores verificaram que as deposições de calda foram significativamente menores quando a aplicação foi realizada fora dos limites mencionados por ANDEF (2004) e Ferreira (2009). Já, utilizando-se gotas grossas não foi observada diferença significativa no depósito, independentemente das condições meteorológicas.

Portanto, no caso da aplicação de herbicidas em pré-emergência de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, recomenda-se pontas de pulverização que produzam classes de gotas grossas a ultra grossas. Lembrando que também é necessário considerar as interações físicas e bioquímicas entre o alvo e o produto que está sendo aplicado, uma vez que estas interações podem comprometer a ação dos produtos fitossanitários (ANTUNIASSI, 2005; FERREIRA, 2009).

4.2 Pulverizadores terrestres de barras horizontais

Há demanda do setor produtivo agrícola por maior rendimento no processo de aplicação de produtos fitossanitários realizado por pulverizadores acoplados e/ou de

arrasto tratorizados e autopropelidos (FARINHA et al., 2009; SOUZA; CUNHA; PAVANIN, 2012). Esta demanda tem impulsionado os fabricantes de pulverizadores a desenvolverem máquinas equipadas com barras de pulverização cada vez mais largas e o resultado, até 500 hectares aplicados em um único dia, dependendo do volume de aplicação (ROMÁN, 2015; ALMEIDA et al., 2013).

Aumentar a largura da barra de pulverização de pulverizadores é uma forma de conseguir maior eficiência de campo do pulverizador. Dessa forma, pode-se calcular a capacidade de campo operacional pela equação proposta por Barbosa et al. (2009):

$$CCO = \frac{Lmr * v * Ef}{10}$$

em que,

CCO = capacidade de campo operacional (ha h⁻¹)

Lmr = faixa de pulverização (m)

V = velocidade real de deslocamento (km h⁻¹)

Ef = Eficiência de campo

10 = fator de adequação de unidades

Silveira et al. (2006) explicam que a capacidade de campo ou de trabalho das máquinas agrícolas é avaliado em função dos seguintes fatores: largura de trabalho da máquina, velocidade de deslocamento e porcentagem de tempo parado ou não operado (por exemplo, devido ao tempo gasto no deslocamento para a área a ser tratada, reabastecimento com calda fitossanitário, em manobras, etc.).

No Estado do Mato Grosso, nas extensivas áreas planas cultivadas com soja, algodão, entre outras, pulverizadores autopropelidos com mais de 30 metros de largura de barra desenvolvem velocidades de até 35 km h⁻¹. Realidade atingida graças ao “piloto automático”, a barras de pulverização construídas com fibra de carbono e equipadas com sensores automáticos de altura e controladores de pulverização para a abertura ou fechamento automático de seções ou bicos (BRENHA et al., 2014).

Com um sistema de direcionamento automático via satélites, chamado “piloto automático”, opera-se em reta ou em curva com extrema precisão mesmo sem a interferência do operador. O sistema direciona automaticamente o pulverizador sobre uma linha planejada de aplicação por meio do acionamento automático do comando da direção. Esta ferramenta possibilita economia de tempo, por exemplo, permitindo ao operador realizar aplicações noturnas e sem maior esmagamento de plantas (ALMEIDA et al., 2015).

Somado ao piloto automático, os pulverizadores de barra têm disponível controladores eletrônicos para abertura ou fechamento automático de seções ou bicos. Este sistema reduz sobreposições nas aplicações, evita o excesso de produtos fitossanitários ou falhas entre as passadas do pulverizador, além de otimizar o tempo durante o processo de aplicação e proporcionar maior rendimento operacional (ALMEIDA et al., 2015).

Não obstante aos avanços mencionados, manter constante a altura da barra de pulverização em relação ao solo ainda é um gargalo. As oscilações horizontais fazem que a barra, vista de lado, oscile no sentido do avanço e contrário ao equipamento, resultando em faixas intercaladas de sub e sobredosagens do produto. Já, as oscilações verticais fazem que a barra, vista por trás, oscile para cima e para baixo em movimento de rotação, provocando desuniformidade na distribuição da calda pela proximidade dos bicos com o solo, além do risco de impacto e quebra da estrutura (PONTELLI, 2012).

De acordo com Miller et al (2008), a oscilação vertical de barra tem sido a principal responsável por deriva nas aplicações. A exposição do jato de calda a distâncias maiores das recomendadas em relação ao alvo expõe gotas de menor tamanho, peso e velocidade de deposição ao arrasto pelo ar circundante.

Os sensores de barra, também conhecidos por sensores automáticos de altura, chegam ao mundo dos pulverizadores para preencher esta lacuna. O objetivo desta nova tecnologia é evitar que a barra do pulverizador ultrapasse os limites mínimos e máximos de distância entre os bicos de pulverização e solo ou superfície vegetal. Logo, permitindo que a calda aplicada tenha distribuição uniforme na área tratada (CAMPOS, FERREIRA, ALMEIDA, 2015).

Embora vários pesquisadores nacionais e internacionais tenham verificado que as oscilações aumentam com o incremento da velocidade e o comprimento da barra de pulverizadores, não há dados disponíveis a partir de avaliações de campo sobre a qualidade da aplicação com as atuais tecnologias advindas da agricultura de precisão (PONTELLI, 2012).

4.3 Depósito e cobertura da calda de pulverização

Um dos processos mais utilizados para investigar a dinâmica das pulverizações de produtos fitossanitários tem sido a análise dos depósitos por meio de substâncias marcadoras (corantes alimentícios, pigmentos fluorescentes e íons metálicos), e cobertura por coletores artificiais passivos. A partir destes processos tem se tomado decisões na escolha de técnicas de aplicação e equipamentos de pulverização (OLIVEIRA; MACHADO NETO, 2003; MARCHI et al., 2005).

O uso de marcadores metálicos a base de manganês, zinco, cobre, etc. é muito atrativo em virtude da facilidade de remoção de folhas ou alvos artificiais e do baixo custo em relação às análises de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) em que são utilizados os próprios produtos fitossanitários (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007; HEWITT, 2010).

Na avaliação da cobertura de gotas proporcionada pela calda pulverizada, são utilizados papéis hidrossensíveis. Os papéis alteram sua colocação de amarelo para azul quando entram em contato com soluções aquosas. Dessa forma permitem a avaliação qualitativa e quantitativa da aplicação entre tratamentos, de forma simples e rápida (SALYANI; WHITNEY, 1988).

De acordo com Raetano (2007), a eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de material depositado sobre o alvo, mas também da uniformidade de cobertura de gotas. Estes aspectos se tornam ainda mais importantes quando se trata de aplicações de herbicidas em pós-emergência de plantas daninhas em época pós tardia e em áreas com histórico de plantas de difícil controle ou resistência a herbicidas.

Portanto, para alcançar aplicações com maior eficiência, o estudo do depósito e cobertura da calda pulverizada é essencial para avaliação da efetividade da

aplicação no campo, minimizar falhas no controle que repercutem em escapes de plantas daninhas e os excessos que resultam em contaminação ambiental (FAROOQ et al., 2001; YU et al., 2009).

5 Sistematização agrícola de canaviais

Outro fator relevante quando se trata da aplicação de herbicidas por pulverizações terrestres é a topografia do terreno. Nota-se que em áreas com relevo irregular há maior oscilação da barra de pulverização, criando-se uma condição desfavorável para o tratamento fitossanitário, uma vez que ocorre distribuição desuniforme do produto aplicado (CUNHA, SOUZA, 2014).

De acordo com Pontelli (2012), as barras de pulverização, na grande maioria, são suportadas por um ou mais pontos do pulverizador através de um sistema de suspensão. Sendo assim, quando o pulverizador translaça em solos irregulares os suportes movimentam-se continuamente sobre a posição de equilíbrio estático, conseqüentemente, ocorrem variações na distância entre bicos de pulverização e o alvo.

A importância de se manter constante altura da barra de pulverização em relação ao solo durante a aplicação de produtos fitossanitários já fora discutida em artigos anteriormente publicados (MATUO et al., 1982; PERECIN et al., 1998; PERESSIN et al., 1996). Sendo um consenso entre pesquisadores que as oscilações na distância entre as pontas na barra de pulverização e o alvo prejudicam a uniformidade de distribuição da calda.

A intensificação do plantio e da colheita mecanizada e com ela a busca por maior desempenho e eficiência operacional no sistema produtivo canavieiro, impulsionou a criação de uma prática denominada sistematização agrícola. O advento da sistematização repercutiu de forma positiva na qualidade das aplicações de herbicidas via pulverizadores terrestres, pois promoveu a “suavização” de terrenos, o que reduz os movimentos da barra de pulverização durante a aplicação (BENEDINI; CONDE, 2008).

A sistematização agrícola é uma técnica relativamente nova no Brasil, com poucos estudos publicados pela comunidade científica nacional. Esta terminologia é

amplamente adotada pelo setor canavieiro para designar uma prática conservacionista de planejamento e implantação de um canavial, em que são definidos o comprimento e direcionamento das linhas de plantio e a localização dos carregadores e estradas para o tráfego de máquinas agrícolas (BENEDINI; CONDE, 2008).

A sistematização de terrenos ou talhões traz ganhos para a mecanização agrícola. Do ponto de vista da aplicação terrestre de herbicidas em cana, a sistematização permite que os equipamentos aplicadores trabalhassem em maior velocidade e, de acordo com o direcionamento da sulcação, por um caminhamento mais longo, minimizando o tempo gasto com manobras (BALDAN JÚNIOR, FERREIRA, LEITE, 2013).

Por outro lado, dependendo da localização e direção das linhas de plantio de cana imposto neste sistema, os pulverizadores podem deslocar perpendicularmente ao gradiente de declividade de uma dada área. Nestes casos, um dos lados da barra de pulverização pode ser submetido a alturas não recomendadas para a aplicação, sendo que quanto maior a largura da barra de pulverização maior será a distância imposta pelo terreno entre os bicos e alvo (BALDAN JÚNIOR, FERREIRA, LEITE, 2013).

Isto posto, pouco é investigado sobre o efeito da declividade imposta ao pulverizador na chegada de gotas no solo. Acreditamos que a quantificação da porcentagem de cobertura de gotas em papel hidrossensível e a avaliação do depósito da calda pulverizada em coletores artificiais podem auxiliar o entendimento deste efeito.

III MATERIAL E MÉTODOS

1 Instalação e condições experimentais

O estudo foi realizado em agosto de 2014, em áreas sistematizadas para a mecanização da cultura da cana-de-açúcar, no município de Pradópolis - SP (latitude 21°35'37" Sul, longitude 48°16'69" Oeste e altitude de 545 metros). O solo

predominante é o Latossolo Vermelho Escuro eutrófico. O clima é Cwa, clima tropical de altitude.

O experimento foi instalado em talhões de cana soca, variedade RB 85 5453, no espaçamento entre linhas de 1,5 m. Cada parcela experimental foi constituída por 10 linhas de 30 m de comprimento, com área de 450 m², onde seis linhas centrais foram consideradas área útil, totalizando 270 m² (Figura 1).



Figura 1. Parcelas experimentais delimitadas com estacas de madeira em terreno sistematizado para a mecanização agrícola da cultura da cana-de-açúcar.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com os tratamentos em esquema fatorial 2 x 2 x 2, em quatro repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação da largura da barra de pulverização (15 m e 27 m), declividade da área (0 a 5% e 5,1 a 10%) e condição meteorológica (Recomendada e Adversa) (Tabela 1).

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e quando houve significância as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas em programa computacional AgroEstat – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos - versão 1.1.0.0694, 2011 (BARBOSA; MALDONADO JR, 2011).

Tabela 1. Tratamentos utilizados para avaliação da cobertura o depósito de calda herbicida em função da largura da barra de pulverização, do gradiente de declividade e das condições meteorológicas em área de cana com plantio sistematizado.

Tratamentos	Largura da barra do pulverizador	Declividade do terreno	Condições meteorológicas no momento da aplicação
1.	27 metros	0 a 5%	Recomendadas
2.	27 metros	0 a 5%	Adversas
3.	27 metros	5,1 a 10%	Recomendadas
4.	27 metros	5,1 a 10%	Adversas
5.	15 metros	0 a 5%	Recomendadas
6.	15 metros	0 a 5%	Adversas
7.	15 metros	5,1 a 10%	Recomendadas
8.	15 metros	5,1 a 10%	Adversas

As parcelas foram instaladas em áreas com dois gradientes de declividade (Figura 2). Uma área com 0 a 5% (sulco reto) (Figura 3) e outra área com 5,1 a 10% (sulco em nível com terraço) (Figura 4). Para obtenção dos gradientes de declividade foi elaborado o mapa planialtimétrico da área com o cadastro dos pontos e linhas realizado com o receptor na tecnologia GNSS (*Global Navegation Satellite System*), da marca Trimble TSC2®.



Figura 2. Visão geral das áreas experimentais instaladas em terrenos com gradientes de declividade distintos.

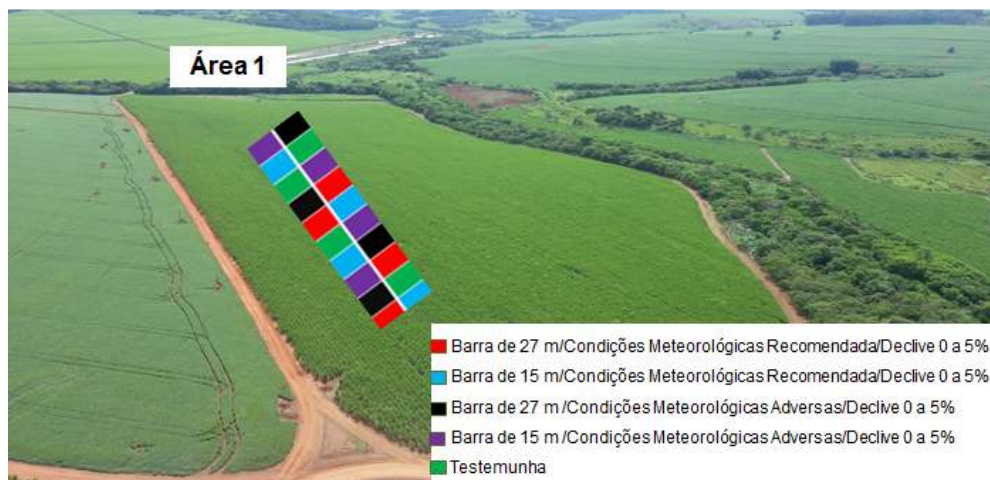


Figura 3. Visão geral do terreno com declividade de 0 a 5% e a disposição dos tratamentos.

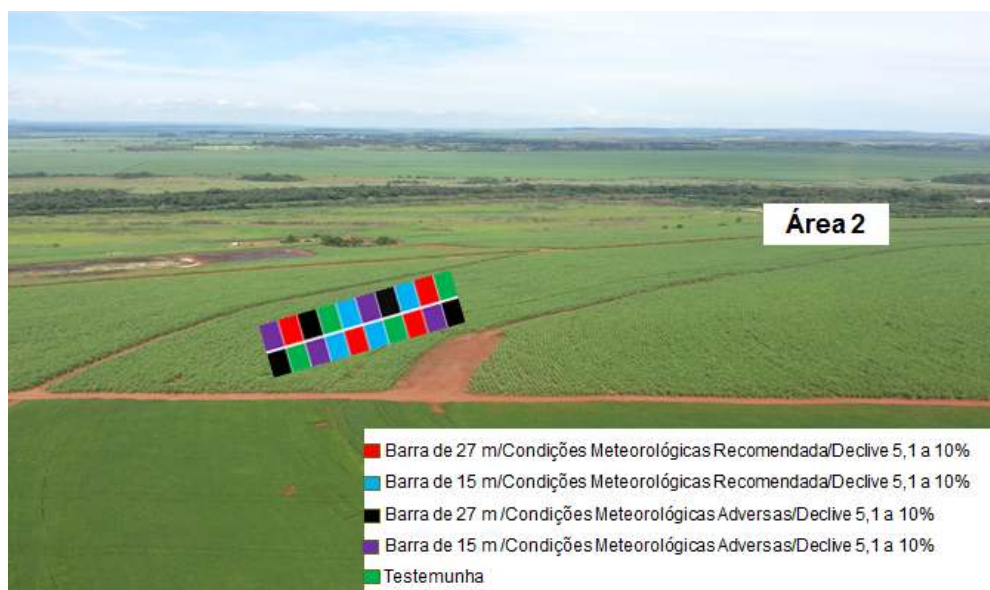


Figura 4. Visão geral do terreno com declividade de 5,1 a 10% e a disposição dos tratamentos.

Para a aplicação da calda herbicida, foram utilizados dois pulverizadores com larguras de barra de pulverização distintas. Com menor barra, o pulverizador Herbiplus G III[®] da fabricante Herbicat LTDA., instalado em Trator Case MX 110[®], equipado com barra central de 15 m de largura (Figura 5). Já, com maior barra, o pulverizador Patriot 350[®], da fabricante Case IH, equipado com barra traseira de 27

m de largura (Figura 6). Ambos os equipamentos configurados com espaçamento entre bicos de 0,5 m na barra de pulverização.



Figura 5. Pulverizador Herbiplus G III[®] equipado com barra de pulverização central com 15 m de largura.



Figura 6. Pulverizador Patriot 350[®] equipado com barra de pulverização traseira com 27 m de largura.

As aplicações foram realizadas em duas condições meteorológicas: recomendadas e adversas. As condições recomendadas atenderam ao proposto por ANDEF (2004) e Ferreira (2009) de que a aplicação de produtos fitossanitários deve

ocorrer quando a temperatura ambiente é inferior a 30 °C, a umidade relativa do ar é superior a 50% e a velocidade do vento inferior a 10 km h⁻¹. Já a condição meteorológica adversa não adotou todos os critérios estabelecidos como recomendados para uma aplicação, o que é comumente adotado na aplicação de herbicidas em usinas devido à necessidade de maior capacidade de campo operacional dos pulverizadores.

Baseando-se na classificação climática de Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007) para o local experimental, pode-se considerar que: as aplicações realizadas entre as 7h00min. e 9h00min. foram consideradas recomendadas e as aplicações no período entre as 16h00min. e 18h00min. consideradas condições adversas, pois neste período foi predominante as baixas médias de umidade relativa do ar (Tabela 2).

Tabela 2. Média dos valores de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento coletadas no momento da aplicação de calda nos tratamentos.

Condições meteorológicas	Declividade	Temperatura	Umidade do ar	Vento
Recomendadas	0 a 5%	15,40°C	86,5%	2,5 km h ⁻¹
Recomendadas	5,1 a 10%	18,45 °C	68,5%	6,65 km h ⁻¹
Adversas	0 a 5%	31,05 °C	24,5%	2,65 km h ⁻¹
Adversas	5,1 a 10%	28,68 °C	29,25%	3,5 km h ⁻¹

As condições meteorológicas no momento das aplicações foram monitoradas com o termohigrômetro e com o anemômetro digital, ambos do modelo/marca kestrel 3000® (Figura 7). Sendo feitas quatro coletas por tratamento, duas no início e duas no final de cada aplicação.



Figura 7. Termohigrômetro e anemômetro digital utilizados para monitoramento das condições meteorológicas no momento das aplicações da calda herbicida.

A calda de pulverização foi constituída pelo herbicida sulfentrazone, cujo mecanismo de ação é a inibição da enzima protoporfirinogenio oxidase, em formulação suspensão concentrada, na dose de 1,6 L ha⁻¹ de produto comercial Boral 500® (FMC Química do Brasil Ltda.) e pelo herbicida clomazone, cujo mecanismo de ação é inibição da síntese do caroteno, na formulação suspensão concentrada, na dose de 360 g L⁻¹ de produto comercial Gamit 360® (FMC Química do Brasil Ltda.). Também foi utilizado um surfactante não iônico como agente de calda, composto óleo mineral, na dose de 0,75 L ha⁻¹ de produto comercial Agridex® (Union Agro Ltda.). Todas as doses aplicadas seguiram as recomendações dos rótulos e as especificações técnicas dos produtos.

Foram utilizados os modelos de pontas de pulverização de energia hidráulica com indução de ar TTI (*Turbo Teejet Induction*), nas vazões de 0,3 e 0,4 galões americanos por minuto. Os Modelos VS, com 110 graus de ângulo de jato plano aspergido (jato convencional de polímero), foram selecionados em função da modalidade de aplicação, que caracteriza em área total. Estas pontas caracterizam-se pela produção de gotas ultra grossas, sendo recomendadas para evitar perdas por deriva (TEEJET TECHNOLOGIES, 2014).

O volume de aplicação foi estabelecido em 150 L ha⁻¹ para todos os tratamentos. Para a calibração do volume, os ajustes com as vazões dos modelos de pontas mencionados foram realizados no que tange à pressão de trabalho e à velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador (Tabela 3).

Tabela 3. Larguras de barra de pulverização, modelos de pontas, vazões, pressões, velocidades, volumes de aplicação e rendimento da aplicação para avaliação do depósito de calda pulverizada em terrenos sistematizados para mecanização na cultura da cana-de-açúcar.

Largura de barra (m)	Ponta de Pulverização	Vazão (L min ⁻¹)	Pressão (kPa)	Velocidade (km h ⁻¹)	Volume (L ha ⁻¹)	CCO* (ha h ⁻¹)
27,0	TT1 110 04	1,75	368	14,0	150,0	18,0
15,0	TT1 110 03	1,25	336	10,0	150,0	9,0

*CCO = Capacidade de Campo Operacional

2 Análise da cobertura de gotas em papel hidro sensível

Nas avaliações de cobertura da pulverização, foram utilizados papéis hidrossensíveis com identificação no verso de cada tratamento. Os papéis foram posicionados dentro de placas de Petri sem tampa, para a proteção contra a umidade do solo (Figura 8). As placas foram posicionadas sobre a cobertura do solo, em dois pontos, dentro da área útil de calda parcela. Após a aplicação, a coleta dos papéis ocorreu imediatamente após a secagem da calda pulverizada e foram acondicionados em sacos de papel para mantê-los fora da exposição da umidade.



Figura 8. Detalhe do posicionamento dos papéis hidrossensíveis em placas de petri nas avaliações de cobertura da calda pulverizada.

Em seguida, foram transportados para o laboratório e digitalizados em escâner de mesa, com resolução de 300 dpi, para o processamento das imagens no programa computacional QUANT v.1.0.0.22 (FERNANDES FILHO et al., 2002).

De acordo com Matuo (1990), a cobertura das gotas pulverizadas pode ser expressa em porcentagem ou por meio do número de gotas por centímetro quadrado que atingem o alvo. Este *software* fornece a informação da porcentagem de área coberta pelas gotas, pelo contraste de cores entre a área intocada do papel e a mancha proporcionada pela gota depositada nele.

3 Análise do depósito de calda em coletores artificiais passivos

Na calda herbicida foi adicionado um marcador metálico, formulado à base de sulfato de manganês (31% de Mn^{2+}), na concentração de 6 gramas por litro, para posterior quantificação do depósito da calda aplicada em coletores (Figura 9). Este marcador foi escolhido devido à sua capacidade de recuperação em espectrofotômetro de absorção atômica (COSTA et al., 2015).



Figura 9. Detalhe da adição do marcador metálico para posterior quantificação do depósito da calda pulverizada.

Discos de papel filtro de 10 cm de diâmetro ($78,5 \text{ cm}^2$) foram utilizados como coletores para a avaliação do depósito de calda. Um dos coletores de papel filtro foi digitalizado para validar a área mencionada de $78,5 \text{ cm}^2$ por meio de um medidor de área foliar LI-COR (Modelo LI 3100C). Dessa forma, os dados obtidos foram correlacionados em função da área de cada disco de papel filtro, resultando valores em $\mu\text{g cm}^{-2}$.

Estes coletores foram posicionados dentro de placas de Petri sem tampa, para proteção contra a umidade do solo. Os coletores foram posicionados sobre a cobertura do solo em dois pontos dentro da área útil de cada parcela (Figura 10).



Figura 10. Detalhe do posicionamento dos discos de papel filtro utilizados como coletores nas avaliações do depósito da calda pulverizada.

Após as aplicações, os coletores foram imediatamente retirados, acondicionados em sacos de polietileno identificados e transportados para laboratório. De acordo com o método descrito por Oliveira e Machado-Neto (2003), foram adicionados aos sacos de polietileno 100 mL de solução de ácido clorídrico (HCl) 0,2 mol L⁻¹, seguindo-se repouso por 60 minutos para extração do marcador metálico. Após este período o extrato foi filtrado e no qual se quantificou o íon metálico (Mn²⁺) recuperado em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo iCE 3000 (Figura 11).

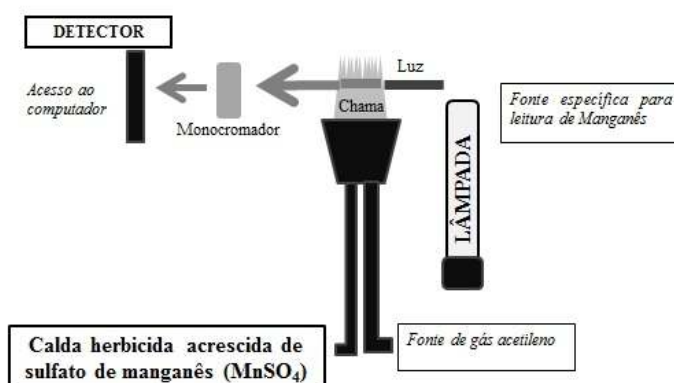


Figura 11. Esquema do processo de recuperação do marcador metálico por espectrofotômetro de absorção atômica.

IV RESULTADOS

1 Porcentagem de cobertura de gotas em papel hidrossensível

A porcentagem de cobertura proporcionada por gotas em papéis hidrossensíveis pela barra de pulverização de 27 m de largura foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) em relação à barra de 15 m (Tabela 4). Sendo assim, pode-se afirmar que ocorreu maior cobertura de gotas na aplicação de calda herbicida com o pulverizador com barras de maior largura.

Tabela 4- Cobertura (%) e depósito ($\mu\text{L cm}^{-2}$) de calda herbicida com marcador metálico em função da largura de barras de pulverização, declividade do terreno e condições meteorológicas em área sistematizada para mecanização da cultura de cana-de-açúcar.

Largura de barra (LB)	Cobertura de gotas (%)	Depósito de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
27 m	34,42 a	1,21 a
15 m	29,09 b	0,93 b
Declividade da área (DA)		
0 a 5%	29,87 a	1,14 a
5,1 a 10%	33,65 b	1,00 a
Condição Meteorológica (CM)		
Recomendada	34,11 a	1,19 a
Adversa	29,41 b	0,95 b
Teste F		
	Cobertura de gotas (%)	Depósito de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
LB	11,66*	6,15*
DA	5,88*	1,51 NS
CM	9,08*	4,36*
LB X DA	0,75 NS	6,04*
LB X CM	5,93*	2,70 NS
DA X CM	0,60 NS	0,32 NS
LB X DA X CM	4,27 NS	2,62 NS
d.m.s	3,24	0,23
C.V. (%)	13,90	29,40

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pelo teste F, NS = Não Significativo; *significativo a 5% de probabilidade. D.M.S. – Distância Mínima Significativa. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

Em relação aos gradientes de declividade avaliados, houve maior cobertura em áreas com declive de 5,1 a 10%, em relação ao terreno com declividade de 0 a

5% (Tabela 4). Isto indica que, em áreas com declive de 5,1 a 10%, a cobertura não é prejudicada.

As condições meteorológicas influenciaram os valores de porcentagem de cobertura, que foi maior quando a aplicação do herbicida foi realizada em condição recomendada em detrimento da condição adversa (Tabela 4). Além disso, na condição meteorológica recomendada houve maior cobertura com a barra de pulverização de 27 m, em comparação à barra de 15 m (Figura 12a). Já em condição meteorológica adversa, não houve diferença na cobertura entre os tamanhos de barra de pulverização (Figura 12b).

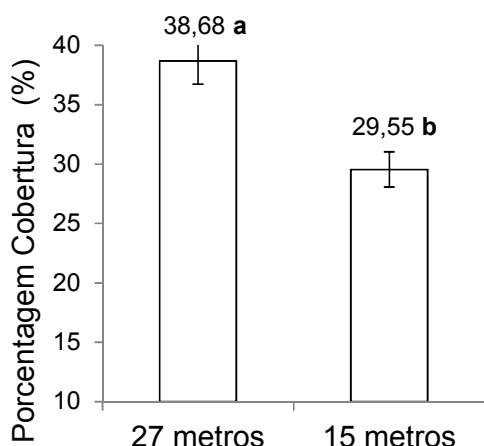


Figura 12a. Porcentagem de cobertura obtida em condições meteorológicas recomendadas.

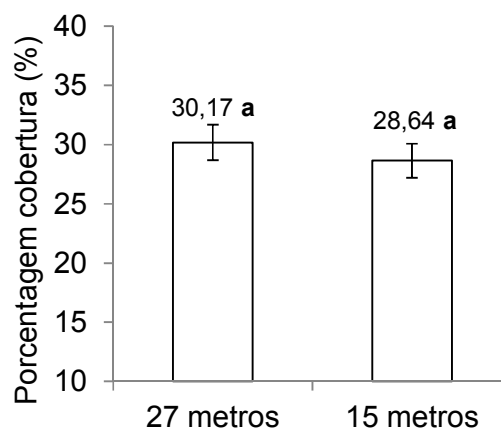


Figura 12b. Porcentagem de cobertura obtida em condições meteorológicas adversas.

2 Depósito médio de calda em coletores passivos artificiais

Os dados referentes às concentrações recuperadas do íon metálico utilizado como marcador evidenciam maior depósito de calda quando a aplicação foi realizada com o pulverizador equipado com a barra de 27 m (Tabela 4). O depósito médio de calda obtida com a barra de pulverização de maior largura foi 23,2% superior à barra menor.

Para depósito médio de calda, em ambos os gradientes de declividade, não houve diferença significativa (Tabela 4). No entanto, a declividade da área interfere no depósito em função da largura da barra de pulverização. Este fato pode ser

observado no declive de 0 a 5%, onde ocorreu a maior média de depósito com a barra de 27 m (Figura. 13a). Em declive de 5,1 a 10% não houve diferença significativa (Figura 13b).

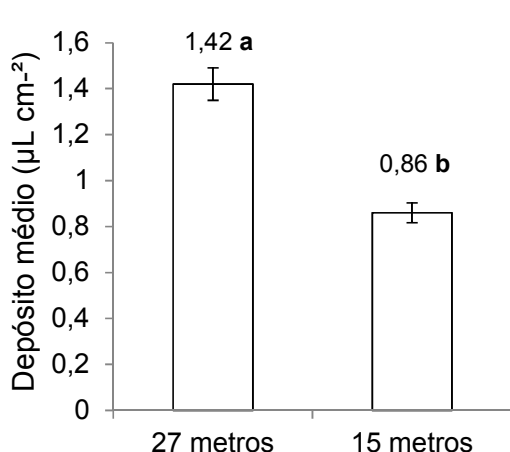


Figura 13a. Depósito médio de calda em terreno com declive de 0 a 5%.

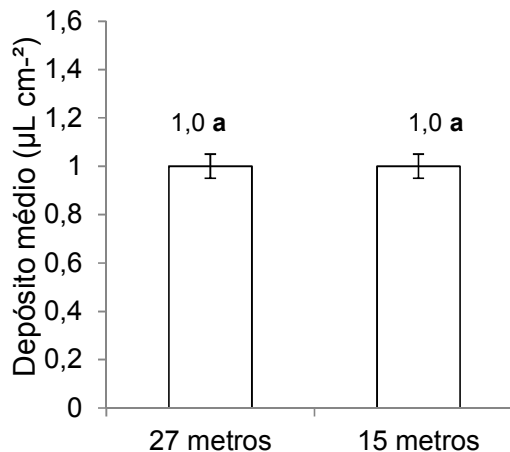


Figura 13a. Depósito médio de calda em terreno com declive de 5,1 a 10%.

As condições meteorológicas do momento da aplicação foram determinantes no depósito de calda. Quando a aplicação foi realizada em condição meteorológica recomendada houve maior depósito de marcador nos coletores em detrimento da condição meteorológica adversa (Tabela 4). Pode-se afirmar, portanto, que aplicação em condições recomendadas proporcionou o acréscimo de 20,2% da calda herbicida depositada.

V DISCUSSÃO

As maiores porcentagens de cobertura e valores médios de depósito evidenciam que o pulverizador equipado com a barra de maior largura aumenta a deposição de produto no alvo (Tabela 4). No entanto, não é coerente afirmar que a eficácia do tratamento fitossanitário esteja relacionada à largura da barra de um pulverizador.

Em terrenos sistematizados para a mecanização agrícola, como é o caso deste estudo, os movimentos verticais da barra são minimizados, porém, os movimentos horizontais não. Diversos autores já avaliaram a influência dos

movimentos da barra de pulverização na distribuição da calda (NATION, 1982; SARTORI, 1985; PONTELLI; MUCHERONI, 2009). Speelman e Jansen (1974), em estudo sobre os efeitos do movimento da barra de pulverização na distribuição de líquidos, determinaram que vibrações na barra são ocasionadas pela estrutura da barra, velocidade de deslocamento e, principalmente, por irregularidades do solo.

Vários estudos mostraram que a redução nos movimentos de oscilação da barra diminui a variabilidade de depósito de calda (MAHALINGA; WILLS, 1978; GANZELMEIR; MOSER, 1977; SCHIMIDT-OTT, 1975). Portanto, é possível afirmar que a menor oscilação da barra de um pulverizador permite maior depósito de gotas no alvo, conseqüentemente, mais eficácia da aplicação.

De acordo com Porskamp e Van Zuydam (1992), o movimento horizontal da barra é mais prejudicial que o vertical. Estes autores determinaram que oscilações horizontais na barra pode aumentar o coeficiente de variação em 48 e 78% no centro e na ponta da barra, respectivamente. Na prática, não é fácil a identificação de movimentos horizontais na barra pelos operadores de pulverizadores, conseqüentemente, estes movimentos nem sempre são corrigidos.

Embora não tenham sido realizadas as avaliações de oscilação de barras nos pulverizadores usados, a hipótese da ocorrência destes movimentos explica o acréscimo de 15,48% em cobertura e 23,2% em depósito de calda obtidos com a barra de maior largura (27 m) em relação a menor (15 m) (Tabela 4).

Com relação aos gradientes de declividade, o incremento da cobertura em áreas com declive mais acentuado (de 5,1 a 10%) não significou maiores médias de depósito nestas mesmas áreas (Tabela 4). Isto porque maiores porcentagens de cobertura de gotas não significam que necessariamente haverá maior depósito de calda. Uma cobertura rica proporcionada por gotas finas pode resultar em menor depósito de ingrediente ativo que uma cobertura pobre proporcionada por gotas grossas, ou seja, quando se trata de depósito de calda tem-se mais importância o diâmetro mediano volumétrico (DMV) que o diâmetro mediano numérico (DMN) (MATUO, 1990).

Neste contexto, Salyani e Whitney (1988) explicaram que as avaliações qualitativas usando-se papéis hidrossensíveis são simples, rápidas e adequadas para determinar diferenças na cobertura oriunda de pulverizações. Entretanto, são

análises subjetivas e devem ser utilizadas apenas como método comparativo entre tratamentos. Logo, o teste conjunto de depósito torna-se imprescindível para a interpretação correta de dados experimentais.

Considerando o efeito dos gradientes de declividade no depósito, até o declive de 10% não houve alteração significativa nas médias de depósito (Tabela 4). A uniformidade do depósito, independente dos gradientes de declividade, pode ser atribuída ao DMV das gotas produzidas pelas pontas de pulverização com indução de ar TT1 (DMV > 600 μm), utilizadas neste estudo. De acordo com Nuyttens et al. (2009), gotas com DMV maior que 400 μm têm maior velocidade de deposição, o que minimiza perdas por deriva.

Por outro lado, os bicos hidráulicos são caracterizados pela produção de gotas desuniformes, ou seja, gotas de diferentes diâmetros são produzidas ao mesmo tempo. Dessa forma, o DMV de uma ponta de pulverização informado pelo fabricante é diâmetro de gotas que divide a massa de gotas de uma amostra em duas partes, de forma que a soma dos volumes das gotas de diâmetro menor que o DMV é igual a soma dos volumes das gotas de diâmetro maior que o DMV (MATUO, 1990).

A produção de gotas desuniformes tem como uma das principais consequências à perda por deriva de gotas finas. Dessa forma, a declividade tem papel fundamental, pois maiores declives submetem as gotas finas e muito finas a maiores distâncias entre o solo e a barra de pulverização. Neste sentido, foram verificadas maiores médias de depósito no menor gradiente de declividade (0 a 5%) com a barra de maior largura (Figura 13a). Acreditamos que a menor declividade minimizou a deriva de gotas que naturalmente seriam arrastadas pelo ar circundante que passa pela barra e/ou a ação dos ventos.

Além dos ventos, outro fator importante para a qualidade das aplicações de produtos fitossanitários são a temperatura e a umidade relativa do ar. Aqui verificamos que as maiores porcentagens de cobertura e médias de depósito foram obtidas quando a aplicação foi realizada em condições recomendadas (Tabela 4), o que demonstra a importância de serem atendidos os critérios de temperatura, vento e, principalmente, a umidade do ar.

Segundo a ANDEF (2004) e Ferreira (2009), as condições meteorológicas consideradas ideais para uma aplicação eficiente são de temperaturas inferiores a 30°C, umidade relativa do ar superior a 50% e ventos entre 3,6 e 10 km h⁻¹. Neste contexto, Nuyttens et al. (2011) realizaram uma série de estudos durante 5 anos para avaliar a deriva de aplicações de produtos fitossanitários em condições reais de campo e chegaram a conclusão que as condições meteorológicas diferentes das ideais supracitadas aumentam de forma significativa a quantidade de perdas por deriva, corroborando com esta pesquisa.

Em contrapartida, Alvarenga e Cunha (2010), em pesquisa de inspeção periódica de pulverizadores, verificaram que 70% dos operadores dos equipamentos inspecionados não consideram relevantes as condições meteorológicas do momento da aplicação. Portanto, isto demonstra a importância da divulgação dos resultados encontrados nesta pesquisa para uma prática mais sustentável de intervenção fitossanitária.

Principalmente devido à demanda do setor produtivo por eficácia no controle de plantas daninhas, as avaliações de depósito com marcadores metálicos têm sido cada vez mais utilizadas. Simples, rápida e de custo baixo, acreditamos que a recuperação de íons metálicos pode ser uma alternativa tão confiável quanto a cromatografia líquida de alta eficiência, esta caracterizada pelo custo elevado e metodologia complexa. Contudo, sugerimos que, junto ao teste de depósito também sejam realizadas avaliações de controle das populações infestantes de plantas daninhas, com vistas a aprimorar a interpretação dos dados pela correlação dos valores de depósito com a eficácia biológica.

VI CONCLUSÕES

O depósito e a cobertura de gotas incrementam com a barra de pulverização de maior largura e quando a aplicação é realizada em condições meteorológicas recomendadas, sendo que é maior o depósito de calda herbicida em terrenos com menor declividade.

VII REFERÊNCIAS

AGRIANUAL - **Anuário da agricultura brasileira**: Agra FNP, 2014, 401–403 p.

ALMEIDA, D. P.; SIMINO, P. E. R.; BRENHA, J. A. M.; SANTOS, E. S.; CAMPOS, H. B. N.; FERREIRA, M. C. Eletrônica embarcada em pulverizadores e pontas de pulverização como pilares da agricultura de precisão. In: Antonio Carlos Busoli; Raphael de Campos Castilho; Daniel Junior de Andrade; Guilherme Duarte Rossi; Daniela de Lima Viana; Diego Felisbino Fraga; Leandro Aparecido de Souza. **Tópicos em Entomologia Agrícola** 8rd edn. Jaboticabal, São Paulo: 2015. p. 376-395.

ALMEIDA, D.P. **Tecnologia de aplicação de herbicidas na dessecação de coberturas vegetais**. 2014. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Goiás, Jataí.

ALVARENGA, C. B.; CUNHA, J. P. A. R. Aspectos qualitativos da avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia, Minas Gerais. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 30, n. 3, p.555-562, 2010.

ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. Tecnologia em primeiro lugar: o Brasil a caminho de se tornar o maior produtor mundial de grãos. **Revista Defesa Vegetal**. Maio de 2009.

ANDEF. Associação Nacional de Defesa Vegetal. Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Campinas, 1ª ed. 2004. p. 49.

ANTUNIASSI, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação de defensivos. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. 2005. Disponível em: http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/354.pdf f Acessado em 18 de agosto de 2015.

AZEVEDO, L. A. S. **Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas**. 1ª. ed. 2011. p. 236.

BALDAN JÚNIOR, E.; FERREIRA, M. C.; LEITE, G. J. Avaliação da pulverização de calda herbicida em cana soca por meio de diferentes equipamentos, declives e horários de aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE, 2., 2013, Jaboticabal. **Resumos...**, Jaboticabal: SBB, 2013. p. 641-644.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat** – Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: Fcav/Unesp, 2011.

BARBOSA, A. L. P. B.; LOPES, A.; FERREIRA, M. C.; CAMARA, F. T.; SILVA, R. P. Avaliação Operacional de Conjunto Trator-Pulverizador. **Engenharia na Agricultura** (Impresso), v. 17, p. 42-49, 2009.

BENEDINI, M. S.; CONDE, A, J. Sistematização de área para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **Revista Coplana**. v. 1, p. 23-25, 2008.

BRENHA, J. A. M.; SOARES, A. M.; SANTOS, N. C.; CAMPOS, H. B. N.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários: demandas, avanços e inovações. In: BUSOLI et al.. (Org.). **Tópicos em entomologia agrícola** - VIII. 8ed. Jaboticabal-São Paulo, 2014: Multipress Ltda v. VII, p. 353-371.

BYERS, R. E.; LYONS, J. R. C. G.; YODER, K. S.; HORSBURGH, R. L.; BARDEN, J. A.; DONOHUE, S. J. Effects of apple tree size and canopy density on spray chemical deposit. **HortScience**. v. 19, p. 93–94, 1984.

CAMPOS, H. B. N.; FERREIRA, M. C.; ALMEIDA, D. P. Pulverizadores Inteligentes. **Cultivar Máquinas**, v.148, p. 16-17, 2015.

CAMPOS, H. B. N.; COSTA, L. L.; LASMAR, O.; LEMOS, R.; E.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Aspectos Gerais e Atuais da Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários. **Tópicos em Entomologia Agrícola** - IV. 1ed. Jaboticabal-SP, 2011: Multipress Ltda. v. 4, p. 205-218.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p.

CORREIA, N. M.; CAMILO, E. H.; SANTOS, E. A. Sulfentrazone efficiency on *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* as influenced by rain and sugarcane straw. **Planta Daninha**, v. 31, p. 165-174, 2013.

COSTA, L. L.; FERREIRA, M. C.; CAMPOS, H. B. N.; LASMAR, O.; CRUZ, M. C. P. Recovery of metallic markers sprayed on soybean plants. **Australian Journal of Crop Science**. v. 9, n. 9, p: 807-8011, 2015.

CUNHA, J. P. A. R.; SOUZA, L. A. Desafio de aplicar bem. **Cultivar Máquinas**, v. 12, p. 6-8, 2014.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização **Ciênc. agrotec.** v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

DERKSEN, R. C.; BRETH, D. I. Orchard aircarrier spray application accuracy and spray coverage evaluations. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 10, n. 4, p. 463-470, 1994.

EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil> Acesso em 16 julho 2015.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estágio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S010384782009000600016>>.

FAROOQ, M.; BALACHANDAR, R.; WULFSOHN, D.; WOLF, T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 78, n. 4, p. 347-358, 2001.

FERNANDES FILHO, E. I.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO JR. **Software QUANT v.1.0.0.22** – Quantificação de Doenças de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, CD-ROM, 2002.

FERREIRA, M. C. Considerações sobre a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Londrina-PR: SBCPD, 2009. Disponível em: 10 http://sbcpd.org/portal/images/stories/downloads/2simposio/tecnologia_da_aplicacao_de_herbicidas.pdf. Acessado em: 03 de julho de 2015.

GANZELMEIR H, MOSER E. Effect of boom movimens of field sprayers on the evenness of distribution of the spray fluid. **J. Agr. Eng. Resource.** v. 27, n. 30, p. 65-72, 1977.

GAVA, G. J. C. **Referência em nutrição vegetal**. Jaboticabal: Bionova Fertilizantes especiais – APTA – Polo Regional Centro Oeste Jaú, SP. 2015. 1 p.

HEWITT, A. J. Tracer and collector systems for field deposition research. In: ASPECTS 99: INTERNATIONAL ADVANCES IN PESTICIDE APPLICATION. ASPECTS OF APPLIED BIOLOGY, 2010, Cambridge, U. K. **Proceedings....** p. 283-289.

KONRADSEN, F.; VAN DER HOEK, W.; COLE, D. C.; HUTCHINSON, G.; DAISLEY, H.; SINGH, S.; EDDLESTON, M. Reducing acute poisoning in developing countries – options for restricting the availability of pesticides. **Toxicology**. v. 192, n. 2-3, p. 249-61, 2003.

KUVA, M.; PITELLI, R. A.; SALGADO, T. P. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p. 501-511, 2007.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas** 7º edição Editora Plantarum. p. 384, 2014.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas** 6º edição Editora Plantarum. p. 384, 2006.

MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistemas de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 471-481, 2005.

MAHALINGA, R.; WILLS, B. M. D. Factors determining the design of tractor mounted booms. Spray nozzle characteristics. **J. Agr. Eng. Resource**. v. 23, n. 1, p. 37-43, 1978.

MARCHI, S. R.; MARTINS, D., COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; NEGRISOLI, E. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

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

MATUO, T. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: GRAZIANO NETO, F. (Ed.). Uso de agrotóxico e receituário agrônomo. São Paulo: **Agroedições**, 1982. p.103-106.

MILLER, P. C. H.; TUCK, C. R.; MURPHY, S.; FERREIRA, M. C. Measurements of the droplet velocities in sprays produced by different designs of agricultural spray nozzle. **Paper ID ILASS08-000**, ILASS, Como Lake, 2008. p. 8-10.

NASCIMENTO, B. A.; de OLIVEIRA, G. M.; BALAN, M. G.; HIGASHIBARA, L. R.; ABI-SAAB, O. J. G. Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava. v. 5, n. 2, p. 105-116, 2012.

NATION, H. J. The dynamic behaviour of field sprayer booms. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v. 27, p. 61-70, 1982.

NEVES, M. F.; GERBASI, T.; KALAKI, R. B.; PINTO, M. J. A. Cana de açúcar: Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental. **Agroanalysis (FGV)**, v. 34, p. 27-28, 2014.

NEVES, M. F.; VALERIO, F.R. O que tira o sono do agricultor? **Agroanalysis (FGV)**, v. 35, p. 23-24, 2015.

NUYTSENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M.; BAETENS, K.; BRUSSELMAN, E.; DEKEYSER, D.; VERBOVEN, P. Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. v. 54, n. 2, p.403-408, 2011.

NUYTSENS, D.; TAYLOR, W. A.; SCHAMPHELEIRE, M.; VERBOVEN, P.; DEKEYSER, D. Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. **Biosystems Eng.** v. 103, n. 3, p. 271-280, 2009.

OCDE-FAO - PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS 2015-2024, 2015. Disponível em: <https://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf> Acesso em 17 de setembro de 2015.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Flórida, v. 70, n. 3, p. 415-21, 2003.

PEEL, M.; FINLAYSON, B.; MCMAHON, T. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrol Earth Syst Sc.** v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PERECIN, D.; PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; BRAZ, B. A.; PIO, L. C. Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 33, n. 2, p. 175-82, 1998.

PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; PERECIN, D.; PIO, L. C.; BRAZ, B. A. Aplicação em jato dirigido em cana-de-açúcar. II. Espaçamento entre bicos turbo floodjet para a aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Londrina, v. 14, p. 86-92, 1996.

PONTELLI, C.O. **Estratégias de controle para isolação ativa de vibrações em barras de pulverizadores agrícolas**. 2012. 168f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade de São Paulo, São Carlos.

PONTELLI, C. O.; MUCHERONI, M. F. Validação de um modelo de uma suspensão de barra utilizada em pulverizadores tracionados. **Revista Minerva**. v. 6, p. 189-196, 2009.

PORSKAMP, H. A. J.; VAN ZUYDAM, R. P. Spray booms must not sway. **Landbouw Mechan.** v. 43, n. 8, p.16-17, 1992.

PROCÓPIO, S. O. **Manejo das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: UFV, 2003. 150 p.

RAETANO, C. G. Assistência de ar e outros métodos de aplicação a baixo volume em culturas de baixo fuste: a soja como modelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, supl., p. 105-106, 2007.

ROMÁN, R. A. A. Baixo volume, alta complexidade. **Cultivar Máquinas**, Pelotas. p. 32-36, 2015.

SALYANI, M.; WHITNEY, J. D. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. **Trans. ASAE**. v. 31, n. 2, p. 390-395, 1988.

SARTORI, S. Pulverizadores para aplicação terrestre tratorizada. In: Simpósio brasileiro sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, 1., 1985, Jaboticabal. **Resumos...** Jaboticabal: SBB, 1985. p. 47-79.

SCHIMIDT-OTT, M. Improving the uniformity of distribution of field crop sprayers with long booms. **J. Agr. Eng. Resource.** v. 25, n. 3, p. 71-74, 1975.

SILVA, J. R. V.; COSTA, N. V.; MARTINS, D. Efeito da palhada de cultivares de cana-de-açúcar na emergência de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 373-380, 2003.

SIMONI, F.; VICTORIA FILHO, R.; SAN MARTIN, H. A. M.; SALVADOR, F. L.; ALVES, A. S. R.; BREMER, N. H. Influência da intensidade de chuva e da quantidade de palha de cana-de-açúcar sobre a eficácia de herbicidas aplicados em pré- emergência no controle de *Cyperus rotundus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006. Brasília, **Resumos...** Brasília: SBCPD; UNB; Embrapa Cerrados, 2006. p. 365.

SILVEIRA, G. M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 220-2245, 2006.

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. R. A.; PAVANIN, L. A. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1; p. 78-85, 2012.

SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007.

SPEELMAN, L.; JANSEN, J. W. The effect of spray-boom movement on the liquid distribution of field crop sprayers. **J. Agr. Eng. Research.** v. 19, n. 2, p. 117-129, 1974.

TAVELLA, L. B.; SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; MOURA, J. R. M. D. R.; SILVA, M. I. L. O uso de agrotóxicos na agricultura e suas consequências toxicológicas e ambientais. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**. v. 07, n. 2, p. 6-12, 2011.

TEEJET TECHNOLOGIES. **Teejet: catálogo 51 A-PT**. Wheaton: Spraying Systems, 2014.

THONKE, R. E. Research on pesticide use in Denmark to meet political needs. **Aspects Appl. Biol.** v. 18, p. 327–329, 1998.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz de Iguaçu. **Palestras...** Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 148-164.

VICTÓRIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, Piracicaba. v.1, p. 32-37, 2004.

YU, Y.; ZHU, H.; FRANTZ, J.; REDING, M. E.; CHAN, K. C. Evaporation and coverage area of pesticide droplets on hairy and waxy leaves. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 1-11, 2009.