



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

CAMPUS LUIZ MENEGHEL

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GUILHERME MENDES PIO DE OLIVEIRA

**POTENCIAL DE DERIVA E INJÚRIA DE HERBICIDAS
PULVERIZADOS EM TÚNEL DE VENTO**

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2018**

GUILHERME MENDES PIO DE OLIVEIRA

**POTENCIAL DE DERIVA E INJÚRIA DE HERBICIDAS
PULVERIZADOS EM TÚNEL DE VENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio
Gandolfo

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2018**

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central do Campus Luiz Meneghel da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

Oliveira, Guilherme Mendes Pio de
O48p Potencial de deriva e injúria de herbicidas pulverizados em túnel de vento / Guilherme Mendes Pio de Oliveira. – Bandeirantes, 2018. 48 f. ilust.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, 2018.

Banca: Dr. Marco Antonio Gandolfo, Dr. Jethro Barros Osipe, Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.

1. Tecnologia de aplicação. 2. Mistura de herbicidas. 3. Dicamba. 4. Glyphosate. 5. 2,4-D. I. Universidade Estadual do Norte do Paraná. III. Título.

CDD – 632.95

GUILHERME MENDES PIO DE OLIVEIRA

**POTENCIAL DE DERIVA E INJÚRIA DE HERBICIDAS
PULVERIZADOS EM TÚNEL DE VENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo UENP

Prof. Dr. Jethro Barros Osipe UENP

Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva UEL

Prof. Dr. Marco Antonio Gandolfo
Orientador
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

AGRADECIMENTOS

À Deus por me ter permitido sonhar, caminhar, lutar e acreditar acima de tudo, que é possível chegar aonde se quer.

Aos meus pais Gilberto Mendes de Oliveira e Odete Mendes Pio de Oliveira, meus alicerces fortes, agradeço pelo apoio incondicional em todo tempo e por sempre investir em minha educação e de minha irmã, sou o que sou em grande parte por eles... essa vitória é nossa!

À minha irmã Stella Mendes, pelo carinho, amor e companheirismo que sempre teve para comigo, assim como pela ajuda na execução deste trabalho.

Ao professor Dr. Marco Antonio Gandolfo, que tive o privilégio de ser orientado, agradeço sua orientação, paciência, amizade e conversas durante esses anos de convivência e aprendizado.

Aos membros da banca examinadora pela análise crítica deste trabalho bem como pelas valiosas sugestões apresentadas.

Aos colegas do Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação de Agroquímicos e Máquinas Agrícolas – NITEC, pela amizade e por toda ajuda durante a condução do meu experimento.

Aos meus queridos amigos de Guararapes – SP, que estiveram ao meu lado em todos os momentos de minha vida.

Aos amigos da República Santo Grau, pelos anos em que convivemos juntos e os inesquecíveis momentos compartilhados.

À Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP, pelo cumprimento do seu papel social na formação de profissionais atuantes no Paraná e em outros estados do Brasil.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu conquistasse mais essa vitória em minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Gilberto e Odete, por sempre acreditarem no meu potencial.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

OLIVEIRA, G. M. P. **Potencial de Deriva e Injúria de Herbicidas Pulverizados em Túnel de Vento**: 2018. 48 f. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2018.

RESUMO

A possibilidade das aplicações de auxinas sintéticas nas culturas aumenta o risco de injúria em plantas sensíveis. O objetivo do trabalho foi quantificar a deriva de herbicidas pulverizados em túnel de vento e a injúria em plantas de algodão. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. As caldas testadas foram: dicamba ($0,250 \text{ L p. c. ha}^{-1}$); glyphosate ($0,625 \text{ L p. c. ha}^{-1}$); 2,4-D ($0,250 \text{ L p. c. ha}^{-1}$); glyphosate + 2,4-D ($0,625 \text{ L p. c. ha}^{-1} + 0,250 \text{ L p. c. ha}^{-1}$) e glyphosate + dicamba ($0,625 \text{ L p. c. ha}^{-1} + 0,250 \text{ L p. c. ha}^{-1}$), aplicadas com a ponta de pulverização de jato plano com pré-orifício, modelo ADI 11002, com pressão de 414 kPa. A deriva foi quantificada em túnel de vento, coletada nas distâncias de 5, 10 e 15 m em relação à ponta de pulverização. Foram colocadas plantas de algodão no mesmo túnel de vento e posteriormente, avaliadas visualmente a injúria aos 3, 7 e 15 dias após a aplicação (DAA). Os resultados indicam que a deriva coletada e a injúria em plantas de algodão são inversamente proporcionais à distância da barra de pulverização. A deriva coletada tem correlação positiva com a injúria em túnel de vento. A adição do glyphosate ao herbicida dicamba potencializa a deriva coletada. Nas distâncias horizontais de 10 e 15 metros, as caldas de dicamba e 2,4-D isoladas apresentaram o menor potencial de deriva coletada entre todas as caldas avaliadas. O herbicida dicamba apresentou menor injúria quando comparado às caldas em mistura e a de 2,4-D isolado aos 15 DAA. A adição de glyphosate às caldas de 2,4-D e dicamba isolados, potencializa a injúria nas plantas de algodão nas distâncias horizontais de 5 e 15 metros.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação; mistura de herbicidas; dicamba; glyphosate; 2,4-D.

OLIVEIRA, G. M. P. **Drift Potential and Injury of Pulverized Herbicides in Wind Tunnel**: 2018. 48 f. Dissertation for Master's degree in Agronomy - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, Bandeirantes, 2018.

ABSTRACT

The possibility of applications of synthetic auxins in crops increases the risk of injury in susceptible plants. The objective of this work was to quantify the drift of herbicides pulverized in wind tunnel and the injury in cotton plants. The experimental design was entirely randomized with five treatments and four repetitions. The spray tested were: dicamba ($0,250 \text{ L p. c. ha}^{-1}$); glyphosate ($0,625 \text{ L p. c. ha}^{-1}$); 2,4-D ($0,250 \text{ L p. c. ha}^{-1}$); glyphosate + 2,4-D ($0,625 \text{ L p. c. ha}^{-1} + 0,250 \text{ L p. c. ha}^{-1}$) e glyphosate + dicamba ($0,625 \text{ L p. c. ha}^{-1} + 0,250 \text{ L p. c. ha}^{-1}$), applied with the pre-orifice flat fan ADI 11002 model with 414 kPa of pressure. The drift was measured in a wind tunnel, collected at 5, 10 and 15 m in relation to the spray nozzles. Cotton plants were placed without themselves, visually evaluated for injury in the cotton crop at 3, 7 and 15 days after application (DAA). The results indicate that the drift collected and the injury are inversely proportional to the distance of the spray bar. The collected drift has a positive correlation with the wind tunnel injury. The addition of glyphosate to the dicamba herbicide potentiates the collected drift. In the horizontal distances of 10 and 15 meters, the dicamba and 2,4-D isolated spray had the lowest potential of drift collected among all the evaluated sprays. The dicamba herbicide presented lowest injury when compared to the mixture sprays and the 2,4-D isolated at 15 DAA. The addition of glyphosate to the 2,4-D and dicamba sprays isolated, potentiates the insult in cotton plants in horizontal distances of 5 and 15 meters.

Keywords: application technology; herbicide mixture; dicamba; glyphosate; 2,4-D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disposição dos fios de polietileno para a coleta de deriva no túnel de vento .	25
Figura 2. Deriva coletada em diferentes distâncias da ponta de pulverização em função das diferentes caldas de herbicidas.	30
Figura 3. Injúria (%) nas plantas de algodão aos 3 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento em diferentes distâncias da ponta de pulverização.	32
Figura 4. Injúria (%) nas plantas de algodão aos 7 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento em diferentes distâncias da ponta de pulverização.	34
Figura 5. Injúria (%) nas plantas de algodão aos 15 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento em diferentes distâncias da ponta de pulverização.	35
Figura 6. Correlação de Pearson ($p < 0,01$) entre a injúria nas plantas de algodão aos 3, 7 e 15 DAA e a deriva coletada em túnel de vento.	36
Figura 7. Correlação e modelagem entre a injúria nas plantas de algodão aos 3 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento.	37
Figura 8. Correlação e modelagem entre a injúria nas plantas de algodão aos 7 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento.	37
Figura 9. Correlação e modelagem entre a injúria nas plantas de algodão aos 15 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) da deriva coletada dos fatores caldas de herbicidas em tanque e distâncias horizontais.....	29
Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) da injúria dos fatores caldas de herbicidas e distância horizontal aos 3, 7 e 15 DAA.....	31

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Concentração do corante marcador.....	26
Equação 2. Volume coletado em cada fio	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	A CULTURA DO ALGODOEIRO	15
2.2	HERBICIDA GLYPHOSATE	16
2.3	HERBICIDA 2,4-D	16
2.4	HERBICIDA DICAMBA	18
2.5	MISTURA DE HERBICIDAS EM TANQUE DE PULVERIZAÇÃO	19
2.6	TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS....	20
2.7	DERIVA	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	EXPERIMENTO I – POTENCIAL DE DERIVA DE HERBICIDAS PULVERIZADOS EM TÚNEL DE VENTO	23
3.2	EXPERIMENTO II – INJÚRIA DE HERBICIDAS EM ALGODOEIRO	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
6	CONCLUSÃO.....	40
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de herbicidas é o principal método de controle de plantas daninhas nas áreas agrícolas e, conseqüentemente contribui na redução de perdas de produtividade (HEAP, 2014; GODINHO JUNIOR et al., 2017). Os herbicidas 2,4-D e glyphosate destacam-se entre os mais utilizados em aplicações em pré-plantio para dessecação e pós-plantio, devido sua eficiência e relação custo benefício (GANDOLFO, 2012).

Com expectativas de melhorar o controle de plantas daninhas resistentes e tolerantes ao glyphosate, está em fase de pesquisas para uso comercial no Brasil o herbicida dicamba. Assim, como o 2,4-D, esse herbicida pertence ao grupo dos mimetizadores de auxina (GROSSMANN et al., 1996), utilizado no controle de dicotiledôneas (SILVA et al., 2007a). O dicamba teve a liberação comercial deferida (CTNBio, 2016), assim, será possível a utilização desses novos recursos aos produtores (MOHSENI-MOGHADAM e DOOHAN, 2015).

Mortensen et al. (2012) afirmam que nas regiões em que forem adotadas cultivares de algodão tolerantes às auxinas sintéticas, o uso dos herbicidas como dicamba e 2,4-D aumentará. Isso evidencia a necessidade de cuidados na aplicação destes herbicidas (GODINHO JUNIOR et al., 2017), em áreas próximas a culturas sensíveis (GANDOLFO, 2012).

A cultura do algodoeiro é altamente sensível aos herbicidas 2,4-D e dicamba, (OLIVEIRA et al., 2015), podendo representar um risco ao desenvolvimento e produtividade da mesma (EGAN et al., 2014), fato esse observado por Johnson et al. (2012) e Smith et al. (2017) simulando a deriva desses herbicidas.

As condições meteorológicas controladas encontradas em túneis de vento os tornam adequados para estudos de deriva (SIDAHMED et al., 2004). Há a necessidade de que as pesquisas com herbicidas sejam realizadas considerando os produtos e suas misturas, permitindo que o controle das plantas daninhas seja realizado com a maior segurança ambiental possível, evitando a ocorrência da deriva e os danos causados por ela em áreas adjacentes.

Considerando os antecedentes estudados e seus respectivos resultados, se estabelecem as hipóteses de que herbicida não afeta o nível de deriva e esta última não mantém correlação com a injúria em túnel de vento.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi quantificar a deriva de herbicidas pulverizados em túnel de vento e a injúria em plantas de algodão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO ALGODOEIRO

O algodoeiro herbáceo ou anual (*Gossypium hirsutum* L.) é uma cultura onde praticamente tudo pode ser aproveitado, oferecendo diversos produtos de utilização universal (BALLAMINUT, 2009), com destaque para o caroço, que representa 65% do peso da produção, e a fibra, representando 35% do peso da produção (ICAC, 2011).

No contexto internacional, a produção brasileira de algodão ocupa o quinto lugar, atrás de Índia, China, Estados Unidos e Paquistão. Os cinco países responderam por 77% do total da fibra produzida na safra 2015/2016. O Brasil é também o quarto maior exportador mundial (USDA, 2017).

A produtividade do algodão pode ser afetada pelas plantas daninhas, que concorrem por inúmeros fatores de produção, dificulta a colheita da cultura e ainda podem depreciar a qualidade da fibra colhida (CHRISTOFFOLETI et al., 2007). A ausência do controle das plantas daninhas pode reduzir de 60 a 90% a produtividade da cultura (WEBSTER, 2009).

Oliveira (2015) relata ocorrência de toxicidade em algodão, provocado pela deriva da dessecação de áreas vizinhas, por ser uma planta sensível a determinados herbicidas, compromete o desenvolvimento da cultura. Sciumbato et al. (2004) citam que os herbicidas mimetizadores de auxina podem provocar danos severos em plantas de algodão.

2.2 HERBICIDA GLYPHOSATE

No Brasil, a classe de herbicidas foi responsável por 32,12% do faturamento total dos defensivos, cerca de US\$ 3,08 bilhões em 2015 (SINDIVEG, 2016). Nas formulações de herbicidas, o ingrediente ativo glyphosate representou mais de 190.000 toneladas em vendas no ano de 2014 (IBAMA, 2014).

O glyphosate, N-(fosfonometil) glicina foi sintetizado em 1964, como potencial quelante industrial e sua ação herbicida descrita em 1971 (LUCHINI, 2009, RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

É um herbicida aplicado em pós-emergência, classificado como não seletivo (exceto para as culturas geneticamente modificadas, que possuem tolerância ao glyphosate) e de ação sistêmica (GALLI, 2009) com translocação principalmente via floema (RODRIGUES, 2009). Não possui poder residual no solo, pois é fortemente adsorvido pelas partículas coloidais (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011).

A ação do glyphosate ocorre através da inibição da enzima enol-piruvilshiquimatofosfato sintase (EPSPS), e bloqueio da síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, desencadeando a paralisação do desenvolvimento das plantas, amarelecimento das folhas e meristemas, seguido de necrose e morte das plantas (KARAM e OLIVEIRA, 2007).

Yamashita e Guimarães (2006) verificaram que em aplicação de glyphosate na dose de 180 g ha⁻¹ em algodão no estágio de 4 folhas, houve redução de 40% na produtividade.

Em estudo avaliando o dano vegetativo em algodão Roundup Ready[®], tolerante ao herbicida glyphosate em nove locais, quando aplicado glyphosate (Roundup Original[®]), na dose de 840 g e.a. ha⁻¹ no estágio de 2 a 4 folhas, observaram mais de 10% de dano em 27% dos locais avaliados (ABRAHAM, 2009).

2.3 HERBICIDA 2,4-D

O herbicida 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) foi o primeiro herbicida orgânico seletivo sintetizado pela indústria, sendo desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial (KIRBY, 1980). Seu êxito comercial proporcionou, em seguida, o desenvolvimento de outros compostos semelhantes, tais como o dicamba, o quinclorac e o picloram, utilizados como herbicidas seletivos (STERLING e HALL, 1997).

O 2,4-D é conhecido como regulador de crescimento, auxina sintética ou herbicida hormonal e pertence à classe dos herbicidas mimetizadores de auxina (VANNESTE e FRIML, 2009), sistêmico (MELERO, 2016), de ação em pós-emergência, podendo ser aplicado em pré-plantio para dessecação (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011) e eficiente no controle de plantas daninhas dicotiledôneas (SHAW e ARNOLD, 2002).

Segundo Taiz et al. (2017), a seletividade ocorre por mecanismos fisiológicos, pois em dicotiledôneas essa auxina sintética não é metabolizada tão rapidamente quanto a auxina endógena. Já as monocotiledôneas tem capacidade de inativar as auxinas sintéticas rapidamente pelo mecanismo de conjugação.

Em altas concentrações, o 2,4-D, inibe a divisão celular e o crescimento, principalmente das regiões meristemáticas, onde estão acumulados os assimilados oriundos da fotossíntese (OLIVEIRA JR et al., 2011). Ocorre acúmulo de ácido abscísico nos tecidos meristemáticos, sendo translocados internamente na planta, provocando a inibição do crescimento, deterioração dos tecidos celulares e a morte das plantas (GROSSMANN, 2007).

A toxicidade causada pelo 2,4-D em algodão, que é uma planta sensível ao herbicida, provoca epinastia, rachadura e deformação do limbo foliar (encarquilhamento), conhecido como “pata-de-rã”, paralisação do crescimento, engrossamento de raízes, e de acordo com a severidade, pode causar a morte das plantas (FERREIRA et al., 2007).

Assim, durante a aplicação do herbicida, não é recomendado o uso em áreas próximas a culturas sensíveis e em condições adversas de vento, pois existem exemplos na literatura de que a deriva do herbicida 2,4-D pode prejudicar o desenvolvimento das plantas e reduzir a produtividade de diversas culturas (COSTA, 2006).

Constantin et al. (2007) avaliando o efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade do algodão, observaram a partir das aplicações das doses de 0,84; 1,68; 3,36; 6,72; 13,44 e 26,88 g e.a. ha⁻¹ redução da produtividade a partir de 6,72 g e.a. ha⁻¹, correspondente a 1,0% da dose de 670 g e.a. ha⁻¹.

Oliveira et al. (2015) avaliando alterações morfológicas em algodão provocada por subdoses de 2,4-D na fase inicial de desenvolvimento da cultura constataram a partir das aplicações das doses de 0,45 0,90 1,35 e 1,80 g i.a. ha⁻¹ aumento da toxicidade na cultura à medida que às plantas foram expostas a crescentes doses do herbicida.

2.4 HERBICIDA DICAMBA

O herbicida dicamba (ácido 3,6-dicloro-2-motoxibenzoico) é um regulador de crescimento hormonal (SILVA et al., 2007a), pertence à classe dos herbicidas mimetizadores de auxina, grupo químico dos ácidos benzoicos (GROSSMANN et al., 1996), absorvido pelas folhas, caule e raiz (NUNES, 2001), eficiente no controle de plantas daninhas dicotiledôneas em culturas de trigo, milho, cana-de-açúcar e em pastagens, com recomendação semelhante ao 2,4-D, para tal prática (SILVA et al., 2007a).

É amplamente utilizado para controlar dicotiledôneas tolerantes ao 2,4-D, como o cipó-de-veado (*Polygonum convolvulus* L.), presente em lavouras na região sul do Brasil (SILVA et al., 2007a) e no controle de populações de buva (*Conyza canadensis*) resistentes ao glyphosate em pré plantio das culturas (KRUGER et al., 2010).

A ação do dicamba ocorre no metabolismo da planta, através do estímulo da síntese de ácidos nucleicos e proteínas, desencadeando anormalidade no crescimento, pois afetam a divisão celular, atividade enzimática e a respiração (U. S. EPA, 2013).

Kelley et al. (2005) relataram que plantas dicotiledôneas sensíveis a altas concentrações do herbicida provoca epinastia e paralisação do crescimento com aumento da pigmentação verde das folhas, além de clorose e necrose dos tecidos.

Assim, sua deriva pode provocar problemas irreversíveis, em determinadas culturas. Kelley et al. (2017) relataram redução de 12% na produtividade da cultura da soja, quando aplicado o herbicida dicamba a 1% da dose recomendada no estágio V7.

Santos (2017) avaliando aplicações do herbicida dicamba, em deriva simulada, sobre a cultura da soja, observou que as aplicações das doses de 48 e 480 g e. a ha⁻¹

(10% e 100% da dose recomendada) reduziram exponencialmente a produtividade conforme o aumento das doses do herbicida.

2.5 MISTURA DE HERBICIDAS EM TANQUE DE PULVERIZAÇÃO

De acordo com Gazziero (2015), a mistura em tanque de produtos fitossanitários é definida como a associação de agrotóxicos e afins no tanque do equipamento aplicador, imediatamente antes da aplicação.

No Brasil 97% dos produtores rurais realizam a mistura de produtos fitossanitários em tanque de pulverização (GAZZIERO, 2015), em sua maioria com o objetivo de aumentar o espectro de controle da pulverização e diminuir os números de aplicações (PETTER et al., 2012).

Petter et al. (2012) afirmam que devido à mistura em tanque dos produtos fitossanitários pode ocorrer problemas com a incompatibilidade dos mesmos, sendo que as interações ocorrem de forma química, física e de ambas.

As interações químicas entre os produtos fitossanitários podem resultar em efeito aditivo quando a eficiência do produto é semelhante a aplicação de ambos isolados, não ocorrendo interferência entre estes; efeito antagônico quando um produto diminui a eficiência do outro, devido à mistura; e efeito sinérgico quando um produto aumenta a eficiência do outro (QUEIROZ et al., 2008).

As interações físicas dependem do desempenho das misturas dos produtos fitossanitários, podendo ser influenciadas pela interação das formulações, ocorrendo separação de fases e formação de precipitados, inviabilizando a aplicação simultânea (SILVA et al., 2007b).

Belapart et al. (2013), relatam que para um eficiente controle das plantas daninhas, a mistura de herbicidas com mecanismos de ação diferentes pode contribuir para o manejo. Alonso et al. (2010) e Nardi Filho (2013) demonstraram que a combinação de herbicidas pós-emergentes com glifosato na soja RR, apresentaram maior potencial de toxicidade.

Gandolfo et al. (2012) concluíram que a aplicação de glyphosate e 2,4-D de forma isolada em túnel de vento, produz menos deriva do que quando aplicados em misturas.

2.6 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

A tecnologia de aplicação é o emprego de todos os conhecimentos científicos que visam à correta colocação do produto desejado no alvo, com as doses necessárias, de modo econômico e com o mínimo de contaminação ambiental (MATUO, 1990).

Antuniassi e Baio (2008) mencionam que a aplicação dos produtos fitossanitários depende de fatores como a seleção das pontas de pulverização, taxa de aplicação, parâmetros operacionais, condições ambientais e o momento da aplicação, além das relações entre o alvo a ser atingido, a forma de ação do produto e a técnica adotada para sua aplicação.

A redução da taxa de aplicação aumenta a autonomia e a capacidade operacional dos pulverizadores, além de diminuir as perdas por escorrimento (RODRIGUES et al., 2011).

O desenvolvimento tecnológico dos equipamentos utilizados na aplicação de produtos fitossanitários visa proporcionar maior eficiência contra os alvos que afetam a sanidade e a produtividade das lavouras, melhorando o rendimento (SOUZA et al., 2010). Em uma aplicação de qualidade deve-se considerar a cobertura do alvo, sendo expressa através da medida gotas por cm^2 (CHRISTOFOLETTI, 2001).

Os produtos de contato podem ser aplicados com gotas finas, aumentando a cobertura do alvo, no entanto, estão sujeitas à evaporação ou ao carregamento por correntes de ar (AZEVEDO, 2011), já os produtos sistêmicos podem ser aplicados com menor densidade de gotas, permitindo o uso de gotas grossas, reduzindo o risco de deriva (ANTUNIASSI, 2005).

Assim, em temperatura acima de 30°C e umidade relativa do ar abaixo de 50% ocorre a evaporação precoce das gotas pulverizadas (BOLLER et al., 2011) e vento superior a 3 m s^{-1} promove o arraste de gotas finas (MINGUELA e CUNHA, 2010).

Para um crescente desenvolvimento na área da tecnologia de aplicação, deve-se orientar e capacitar os operadores e técnicos na gestão correta das operações de pulverização (ANTUNIASSI, 2013), pois segundo Gandolfo et al. (2013) inspeções dos pulverizadores e assistência técnica proporcionam redução da contaminação ambiental e aumento da eficiência operacional.

2.7 DERIVA

Antuniassi (2012) definiu que a deriva é a parte da aplicação que não atinge o alvo desejado, podendo ser denominada exoderiva correspondente à perda do produto fora dos domínios da planta ou endoderiva sendo a perda do produto dentro dos domínios da planta.

Mokeba et al. (1997) cita que deriva dos produtos fitossanitários é considerada um dos maiores problemas na agricultura, sendo a trajetória das gotas da calda influenciada pelas condições meteorológicas.

A ocorrência da deriva contribui para a contaminação ambiental, além de resultar em uma subdosagem do produto fitossanitário, exigindo aplicações adicionais, para compensar a perda por deriva e assegurar o nível de controle desejado (OZKAN, 2001).

Para Schampheleire et al. (2008) os principais fatores que direcionam os níveis de deriva são: características do ambiente, condições meteorológicas, tecnologia de aplicação (espectro de gotas), e propriedades físico-químicas das caldas.

Além do uso de adjuvantes, deve-se realizar a escolha correta de pontas de pulverização, pressão de trabalho e equipamentos de aplicação para reduzir a quantidade de deriva (HILZ e VERMEER, 2013).

A pressão de trabalho de uma ponta de pulverização também influencia no espectro de gotas, assim, como alternativa para a redução da deriva, deve-se trabalhar com a pressão próxima ao limite inferior indicada pelo fabricante (CUNHA et al., 2003).

As pontas com pré-orifício auxiliam na redução de deriva, principalmente em aplicações de herbicidas sistêmicos, como o 2,4-D e glyphosate que não necessitam de boa cobertura (CHECHETTO, 2011). A pressão de trabalho recomendada para esse tipo de ponta é de 200 a 500 kPa (MASIÁ e CID, 2010).

Fietsam et al. (2004) constataram uma redução da deriva quando utilizadas as pontas de pré-orifício em relação as de modelos convencionais. Boller e Schlosser (2010) verificaram que utilizando a ponta com pré-orifício em aplicações de herbicidas de contato houve controle satisfatório de plantas daninhas.

A quantificação da deriva pode ser realizada utilizando o túnel de vento, um equipamento que simula condições controladas de vento, gerando valores confiáveis,

assim, auxiliando no estudo de novas tecnologias como pontas de pulverização e adjuvantes (BARLOW et al., 1999). Os modelos horizontais de túneis de vento são os mais utilizados (MOREIRA JUNIOR, 2009).

Moreira Junior (2009), utilizando o túnel de vento constatou que em estudo de deriva de pulverizações agrícolas, pode-se estimar a distância horizontal percorrida por gotas de pulverização em diversas condições de lançamento e correlacionar a distância horizontal percorrida pela gota com o diâmetro dela e com a velocidade de deslocamento horizontal.

Utilizando o túnel de vento de 5,3 m de comprimento, Madureira (2013) avaliou o potencial risco de deriva com adjuvantes e pontas de pulverização, verificando maior porcentagem de deriva coletada na primeira distância horizontal (1,5 m) da barra de pulverização.

A simulação computacional também pode ser uma ferramenta para estimar a deriva percorrida pela gota. Cunha (2008) utilizou-se um software específico para avaliação de risco de deriva a partir de informações da forma de aplicação e condições meteorológicas e o resultado observado foi que 10% do volume evapora antes de atingir o alvo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos no Núcleo de Investigação em Tecnologia de Aplicação de Agroquímicos e Máquinas Agrícolas - NITEC, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, Paraná (latitude 23,1° S, longitude 54,4° W e altitude de 440 m) entre abril e junho de 2017.

3.1 EXPERIMENTO I – POTENCIAL DE DERIVA DE HERBICIDAS PULVERIZADOS EM TÚNEL DE VENTO

O experimento I foi realizado no dia 30/06/2017, sendo utilizado o túnel de vento para avaliação do potencial de deriva dos herbicidas. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições.

Os herbicidas utilizados no experimento foram: glyphosate de isopropilamina (produto comercial (p.c.), Roundup Original[®] SL, 480 g i.a. L⁻¹), 2,4-D sal dimetilamina (produto comercial, DMA[®] 806 BR, 806 g i.a. L⁻¹) e dicamba (uma formulação SC, a base do sal de dyglicolamina, 480 g e.a. L⁻¹).

A ponta de pulverização utilizada foi Jato plano com pré-orifício modelo ADI 11002, com formação de gotas de classe média, conforme informada pela fabricante Máquinas Agrícolas JACTO S/A. A pressão de trabalho foi de 414 kPa e vazão correspondente a 0,91 L min⁻¹. A escolha da ponta foi realizada considerando que as gotas médias são indicadas para aplicação de herbicidas.

A concentração da calda foi determinada pela inserção dos herbicidas em galões e completadas até 25 L de água, correspondendo a uma taxa de aplicação de 100 L ha⁻¹. Foi adicionado também um marcador na concentração de 6 g L⁻¹ denominado de corante Azul Brilhante FCF 11,00%, comercializado pela empresa Duas Rodas.

Os tratamentos com herbicidas foram compostos com as seguintes concentrações: dicamba (0,250 L p. c. ha⁻¹); glyphosate de isopropilamina (0,625 L p. c. ha⁻¹); 2,4-D sal dimetilamina (0,250 L p. c. ha⁻¹); glyphosate de isopropilamina + 2,4-D sal dimetilamina (0,625 L p. c. ha⁻¹ + 0,250 L p. c. ha⁻¹) e glyphosate de isopropilamina + dicamba (0,625 L p. c. ha⁻¹ + 0,250 L p. c. ha⁻¹).

As pesagens dos marcadores e das caldas foram realizadas em balança de precisão de 0,0001 gramas da marca SHIMADZU, modelo AUY220. A balança foi ligada e após 30 minutos as pesagens foram efetuadas. Este processo foi adotado para que os circuitos da balança entrassem em equilíbrio térmico, diminuindo assim possíveis erros de flutuações das medidas realizadas.

O ensaio foi realizado em um túnel de vento de 20 m de comprimento com secção transversal quadrada de 2 m, com um ventilador axial de dupla hélice de 0,9 m de diâmetro acionado pela tomada de potência (TDP) de um trator, conforme descrito por Gandolfo et al. (2013).

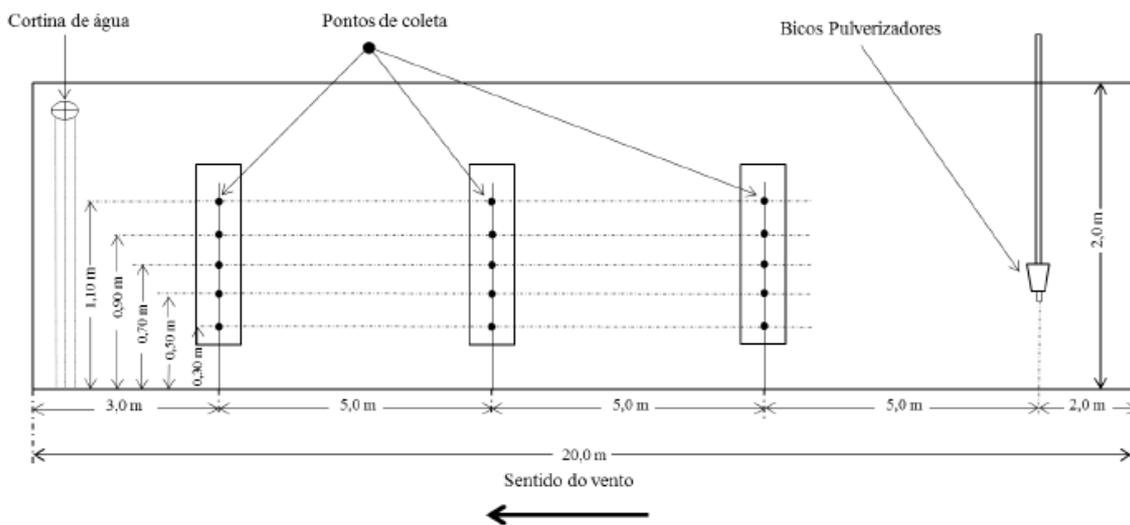
Para as pulverizações foi utilizado um sistema composto por um reservatório com capacidade de 25 L, bomba de deslocamento positivo do tipo pistão com vazão de 35 L min⁻¹ acionada por um motor elétrico de 2,24 kW, comando hidráulico com regulador de pressão e manômetro localizados no comando de pulverização descrito por Feliciano (2017).

Na parte interna do túnel de vento foi instalada uma barra de pulverização a uma distância horizontal de 2,00 m das lâminas defletoras da colmeia do difusor do túnel e na distância vertical de 0,50 m em relação ao piso do túnel, composta por dois bicos espaçados a cada 0,50 m, com pontas de pulverização, válvulas antigotejo, capa tipo rosca, anéis de vedação e filtros de malha 80.

As coletas foram realizadas nas distâncias de 5, 10 e 15 m em relação à barra de pulverização e nas alturas de 0,30, 0,50, 0,70, 0,90 e 1,10 m em relação ao piso do túnel. Foram utilizados coletores constituídos por fios de polietileno de 2 mm de diâmetro e 38,5 cm de comprimento.

Os fios foram fixados em suporte metálico e posicionados transversalmente ao sentido do fluxo de ar do túnel, nas respectivas distâncias e alturas citadas (Figura 1).

Figura 1. Disposição dos fios de polietileno para a coleta de deriva no túnel de vento.



Fonte: FELICIANO, 2017.

Os suportes foram colocados em gavetas verticais que deslocam sobre trilhos, facilitando a troca dos fios e de modo que quando fechadas, vedasse lateralmente os pontos de coletas, mantendo constante o fluxo de ar ao longo do túnel.

Os ensaios foram realizados com uma velocidade de vento de 2 m s^{-1} , sendo aferida antes da aplicação de cada tratamento, feitas no interior do túnel de vento fixado na distância horizontal de 5 m, usando um anemômetro digital tipo ventoinha, marca Minipa, modelo MDA 11. Também foram realizadas leituras da temperatura e umidade relativa do ar feitas no mesmo local de instalação do anemômetro por um termohigrômetro digital, marca ICEL modelo HT-208.

Cada repetição do ensaio foi pulverizada por 2 minutos, determinado por meio de um cronômetro digital, posteriormente aguardava-se 1 minuto, somente com a ventilação ligada, a fim de que as gotas passassem ao longo do interior do túnel de vento. Após a conclusão de cada tratamento o interior do túnel foi lavado com água antes de receber a nova pulverização.

Durante a realização do ensaio a umidade relativa variou de 56 a 59% e a temperatura de 28,7 a 28,9° C.

Os fios coletados foram armazenados individualmente em tubos de PVC, de 0,5 m de comprimento, com as tampas numeradas de acordo com a distância horizontal e vertical da coleta de cada tratamento, para posterior remoção do marcador. Em seguida, foi adicionado 25 mL de água destilada, mensurada com um pipetador automático,

marca Eppendorff Varispenser Plus em cada tubo e agitados manualmente, invertendo-os 180° por 15 vezes.

Após este procedimento a água da lavagem de cada tubo foi acondicionada em potes com tampas identificadas com a mesma numeração da tampa do tubo de PVC e submetida a leitura de absorvância, utilizando o espectrofotômetro, modelo FEMTO 600 S, ajustado para o comprimento de onda de 630 nm que corresponde à faixa espectral do marcador utilizado.

Para a conversão dos valores de absorvância de cada leitura em concentração de marcador (mg L^{-1}), foi feita uma curva padrão com uma amostra de calda de cada tratamento utilizado, a partir de concentrações conhecidas que foram obtidas através da diluição sequencial da amostra, totalizando 16 amostras. Com os valores de absorvância de cada concentração e a curva padrão de cada tratamento, calculou-se a concentração de corante presente em cada amostra proveniente dos fios coletores de acordo com a equação 1.

$$C_c = \frac{abs \times A}{B} \quad \text{Equação 1.}$$

Equação 1:

Onde:

C_c = Concentração de corante marcador na amostra (mg L^{-1})

abs = Absorvância da amostra

A = Coeficiente linear da reta

B = Coeficiente angular da reta

Com a concentração do marcador conhecida de cada fio e o volume de água que foi utilizado para extração, determinou-se o volume de calda (mL) coletada em cada fio a partir da equação 2.

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad \text{Equação 2.}$$

Equação 2:

Onde:

C_i = Concentração inicial do corante marcador (mg L^{-1})

V_i = Volume inicial (mL)

C_f = Concentração final do corante marcador (mg L^{-1})

V_f = Volume final (mL)

Em seguida, transformou-se os resultados do volume (mL) para μL e dividiu-se pela área do fio coletor ($24,178 \text{ cm}^2$), para obter os resultados da deriva em $\mu\text{L cm}^{-2}$.

Os dados foram analisados pela estatística descritiva para analisar as medidas de tendência central, de dispersão e verificação de presença de “outliers”. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e os tratamentos distribuídos em parcelas subdividida, nas parcelas as caldas de pulverização e nas subparcelas as distâncias de coleta. Foi realizado o somatório da deriva dos fios verticais (0,3; 0,5; 0,7; 0,9 e 1,1 m) para cada distância horizontal de 5, 10 e 15 metros.

3.2 EXPERIMENTO II – INJÚRIA DE HERBICIDAS EM ALGODOEIRO

O experimento II foi realizado no dia 29/05/2017, sendo utilizado o mesmo túnel de vento do experimento I, assim como os tratamentos para a avaliação de injúria de herbicidas na cultura do algodoeiro.

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições.

Foram preparados 130 vasos de plástico com capacidade de 1 dm^3 , sendo 10 utilizados como testemunha para avaliação visual de injúria. Dessa forma, foram utilizados dois vasos por gaveta do túnel de vento, totalizando seis vasos por repetição. Utilizou-se o solo do tipo Latossolo Vermelho Eutroférico típico, coletado no viveiro Darcy Pedroso, localizado na Universidade Estadual do Norte do Paraná.

No dia 04/04/2017 foram semeadas manualmente três sementes por vaso a uma profundidade de 3 cm da cultivar de algodão FM 954 GLT que possui dupla proteína *Bt* (*Bacillus thuringiensis*) e conferem tolerância aos herbicidas amônio glufosinato e glifosato (FIBERMAX[®], 2017) sendo as sementes tratadas com fungicida/inseticida STANDAK TOP[®] (piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil) utilizando 200 mL p. c. por 100 kg de sementes.

A emergência ocorreu quatro dias após a semeadura e aos sete dias após a emergência realizou-se o desbaste, mantendo uma planta por vaso. O controle de pragas

foi feito com a aplicação de inseticida/acaricida KRAFT® 36 CE (abamectina) utilizando 300 mL p. c. ha⁻¹. A irrigação foi realizada diariamente.

A aplicação das caldas foi realizada 52 dias após a semeadura, cujo estágio vegetativo era V4. Para a avaliação de injúria causada pela deriva dos herbicidas, duas plantas de algodoeiro foram posicionadas dentro do túnel de vento as distâncias de 5, 10 e 15 metros da barra de pulverização na altura de 0,30 m em relação ao piso do túnel, totalizando seis vasos por repetição.

Os vasos foram fixados com auxílio de pregos em madeiras, colocados sobre os suportes metálicos dos coletores do túnel de vento, sendo acionados transversalmente ao sentido do fluxo de ar do túnel, movidos como “gavetas”, permitindo a colocação e retirada dos vasos sem a necessidade de entrada no referido túnel.

Estas gavetas verticais se deslocam sobre trilhos, facilitando a troca dos vasos de modo que quando fechadas, vedasse lateralmente os pontos de coletas, mantendo constante o fluxo de ar ao longo do túnel sem contaminação do ambiente externo.

Durante a realização do ensaio a umidade relativa variou de 56 a 59% e a temperatura de 28,7 a 28,9° C.

Após a pulverização no túnel, os vasos foram levados a um viveiro, onde aos 3, 7 e 15 dias após a aplicação (DAA), foram realizadas avaliações visuais de injúria das plantas de algodão por meio de uma escala de 0 a 100%, onde 0% representa ausência de sintomas, e 100% representa morte total das plantas (SBCPD, 1995).

Os dados foram analisados pela estatística descritiva para analisar as medidas de tendência central, de dispersão e verificação de presença de “outliers”. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e os tratamentos distribuídos em parcelas subdividida, nas parcelas as caldas de pulverização e nas subparcelas as distâncias de coleta. Foi considerada a média das duas plantas para cada distância horizontal. As médias de injúria proporcionadas pelas caldas foram comparadas por intervalo de confiança (IC_{95%}). Também foram realizadas correlações entre a injúria nas plantas de algodão aos 3, 7 e 15 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento, utilizando o coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos resultados está apresentada na Tabela 1 e observa-se que houve interação significativa entre as caldas de herbicidas e distâncias horizontais pelo teste F a 5% de probabilidade. Isso evidencia uma dependência da ocorrência de deriva em função destes fatores, sendo efetuado, dessa forma, o desdobramento das interações.

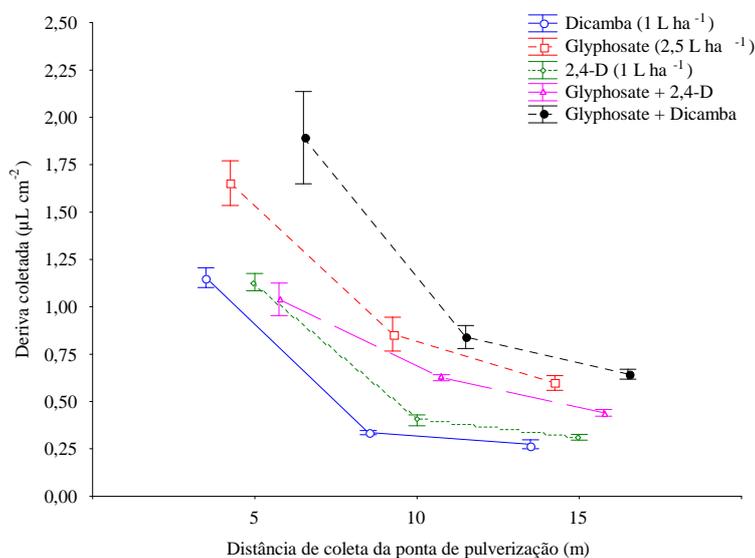
Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) da deriva coletada dos fatores caldas de herbicidas em tanque e distâncias horizontais.

Fatores	GL	SQ	QM	F	p-valor
Caldas	4,00	3,00	0,75	15,36*	p<0,01
CV (%)			27,18		
Distância	2,00	9,69	4,84	298,06*	p<0,01
Caldas*Distância	8,00	0,64	0,08	4,92*	p<0,01
CV (%)			15,68		

CV: coeficiente de variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; QM: quadrado médio; F: teste F. *significativo pelo teste F (p<0,05).

Os resultados médios de deriva referentes às diferentes caldas em função das distâncias indicam diferenças em relação à calda pulverizada (Figura 2).

Figura 2. Deriva coletada em diferentes distâncias da ponta de pulverização em função das diferentes caldas de herbicidas.



Foi possível observar também, que quanto maior a distância em relação à ponta de pulverização, menor é a deriva coletada, independente da calda pulverizada. Resultados semelhantes foram observados por Gandolfo et al. (2013), Chechetto et al. (2013), Feliciano (2017), Alves et al. (2017a) e Alves et al. (2017b).

Na distância horizontal de 5 metros, as caldas compostas pela mistura de glyphosate + 2,4-D e as caldas de dicamba e 2,4-D aplicados de forma isolada apresentaram a menor deriva entre todas as caldas avaliadas. As caldas contendo a mistura de glyphosate + dicamba e glyphosate isolado apresentaram as maiores derivas coletadas.

A adição do glyphosate ao herbicida dicamba potencializou a deriva coletada, elevando a deriva do dicamba quando comparado à aplicação de forma isolada. Alves et al. (2017b) observaram comportamento semelhante quando utilizado a ponta de pulverização de jato plano defletor com indução de ar, modelo TTI. Este efeito pode caracterizar o glyphosate como um agente potencializador de deriva na mistura com este herbicida.

Ao comparar a deriva coletada com as caldas de glyphosate e 2,4-D aplicados isoladamente, foi observado que o glyphosate eleva a deriva em até 1,5 vezes. Este efeito caracteriza o produto glyphosate como um maior potencializador de deriva que o 2,4-D, devendo sua aplicação receber atenção especial quanto a este aspecto.

Nas distâncias horizontais de 10 e 15 metros, as caldas de dicamba e 2,4-D aplicados de forma isolada apresentaram o menor potencial de deriva coletada entre todas as caldas avaliadas. A mistura de herbicidas potencializou a deriva coletada, já que, a presença do glyphosate às caldas com 2,4-D e dicamba, aumentou a deriva significativamente.

Gandolfo et al. (2012) encontraram resultados semelhantes com elevação dos valores absolutos da deriva coletada com a adição do glyphosate de isopropilamina nas distâncias de 10 e 15 metros.

Considerando que a deriva pode gerar prejuízos em distâncias superiores a distâncias avaliadas neste trabalho, as caldas contendo dicamba e 2,4-D isolados pode se considerar a mais segura entre todas quando a análise é feita sobre o potencial de deriva.

A Tabela 2 mostra a análise de variância da injúria proporcionada pelas diferentes caldas nas três distâncias horizontais em relação a barra de pulverização no túnel de vento. Observa-se interação significativa entre a injúria proporcionada pela deriva para as caldas de herbicidas e distâncias horizontais. Isto ocorreu para todos os períodos de avaliação da injúria (3, 7 e 15 DAA), identificada pelo teste F a 5% de probabilidade. Este efeito sugere uma dependência da injúria em função da distância horizontal e da calda, porém, deve-se considerar que não foi avaliado o efeito do nível de injúria proporcionado pelas diferentes caldas.

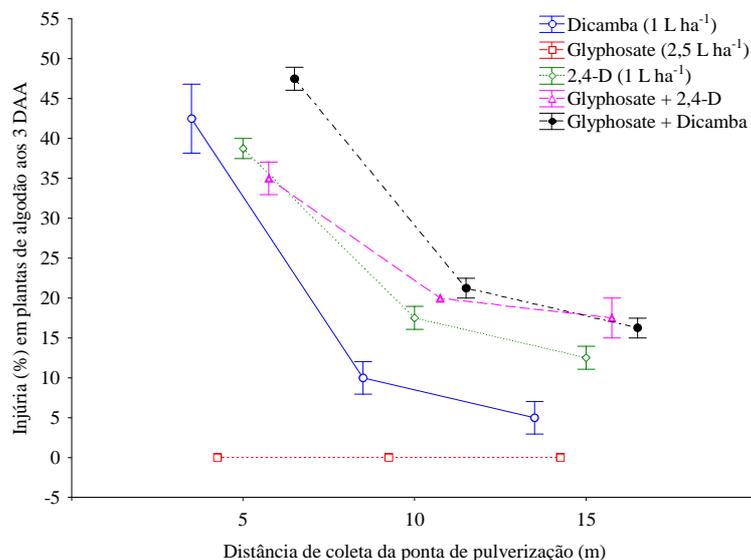
Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) da injúria dos fatores caldas de herbicidas e distância horizontal aos 3, 7 e 15 DAA.

Fatores	DIAS APÓS AVALIAÇÃO					
	3 DAA		7 DAA		15 DAA	
	F	p-valor	F	p-valor	F	p-valor
Caldas	246,21*	p<0,01	292,37*	p<0,01	277,39*	p<0,01
CV (%)	12,92		14,02		12,35	
Distância	178,88*	p<0,01	529,06*	p<0,01	804,82*	p<0,01
Caldas*Distância	15,09*	p<0,01	34,59*	p<0,01	53,67*	p<0,01
CV (%)	21,40		11,94		9,98	

CV: coeficiente de variação; F: teste F. *significativo pelo teste F (p<0,05).

O resultado da injúria nas plantas de algodão aos 3 DAA referentes às diferentes caldas em função das distâncias são apresentados na Figura 3.

Figura 3. Injúria (%) nas plantas de algodão aos 3 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento em diferentes distâncias da ponta de pulverização.



O herbicida glyphosate não causou injúrias nas plantas de algodão em nenhuma das distâncias horizontais, uma vez que a cultivar utilizada FM 954 GLT confere tolerância aos herbicidas amônio glufosinato e glifosato (FIBERMAX[®], 2017).

A Figura 3 mostra que de acordo com a injúria observada para quantificar a magnitude do dano resultante da deriva e da injúria das caldas de herbicidas nas plantas de algodão, aos 3 DAA a porcentagem de injúria foi superior a 30% para todas as caldas, quando avaliada a 5 metros de distância horizontal, exceto na aplicação de glyphosate isolado. Este efeito indica um prejuízo foliar severo gerado pela deriva dos herbicidas independente da composição da calda. Marple et al. (2008) estudando variedades de algodão observaram injúria em níveis diferentes de acordo com a variedade.

Para todas as caldas foi observada injúria decrescente em função da distância da ponta de pulverização, sugerindo uma redução do risco de deriva nas maiores distâncias. Quando a avaliação foi realizada aos 5 metros de distância da barra de pulverização, a calda composta por glyphosate + 2,4-D apresentou a menor injúria nas plantas quando comparada às demais caldas.

Nas avaliações acima de 10 metros a presença do glyphosate na calda combinada com outros herbicidas elevou a injúria observada. Esses resultados podem estar relacionados à quantidade de deriva ocorrida e ao potencial de injúria proporcionada pelas diferentes caldas.

Este trabalho considerou a injúria em plantas de algodão pelos diferentes herbicidas e suas diferentes combinações, relacionando-a ao percentual de deriva gerado pelas caldas, não avaliando a diferença de injúria causada pela diferença de sensibilidade da cultura na manifestação da injúria pelos diferentes herbicidas.

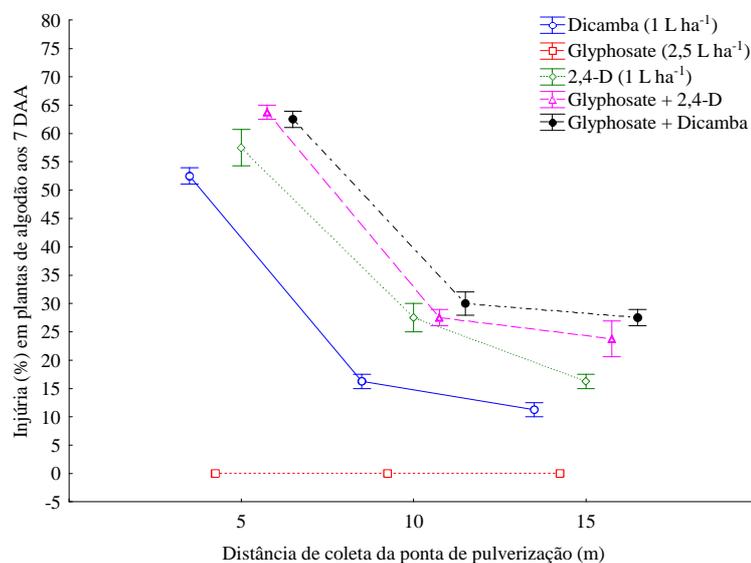
Embora as plantas utilizadas fossem tolerantes ao herbicida glyphosate, a adição de mimetizadores de auxina a este herbicida, potencializou a injúria na cultura. Alguns pesquisadores relataram efeitos semelhantes em plantas daninhas, entre eles Takano et al. (2013) que constataram que a adição de 2,4-D ao glyphosate aumenta os níveis de controle, podendo acelerar a morte das plantas daninhas.

A adição do dicamba ao glyphosate também indica maior controle de plantas de caruru (*Amaranthus palmeri*) resistentes ao glyphosate (SPAUNHORST e BRADLEY, 2013). O mesmo ocorre para plantas de buva (*Conyza* spp.), que a associação de glyphosate ao 2,4-D ou ao dicamba eleva consideravelmente os níveis de controle (SOARES et al., 2012).

Johnson et al. (2012) e Smith et al. (2017) avaliaram a resposta do algodão à deriva simulada de 2,4-D e dicamba e observaram que a deriva de 2,4-D causou maior injúria e redução de produtividade quando comparado ao dicamba.

Foi observado também neste trabalho que a deriva proporcionada pelo herbicida dicamba causou epinastia de caule e distorção das folhas. Tais sintomas também foram observados com a adição do glyphosate, além da presença de clorose nas folhas.

Figura 4. Injúria (%) nas plantas de algodão aos 7 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento em diferentes distâncias da ponta de pulverização.



A injúria esteve presente em todas as caldas, com excessão do glyphosate isolado, sendo crescente entre o período de avaliação de 3 DAA para 7 DAA independente da distância avaliada (Figura 4). Este efeito confirma a toxicidade dos herbicidas com o passar dos dias de aplicação, tal como observado por Inacio (2016).

A análise realizada aos 7 DAA mostrou que as plantas de algodão apresentaram menor injúria quando aplicado o herbicidas dicamba de forma isolada independente da distância avaliada. Já em combinação com o glyphosate, o dicamba teve a injúria elevada para os maiores níveis, equivalendo à calda de glyphosate + 2,4-D.

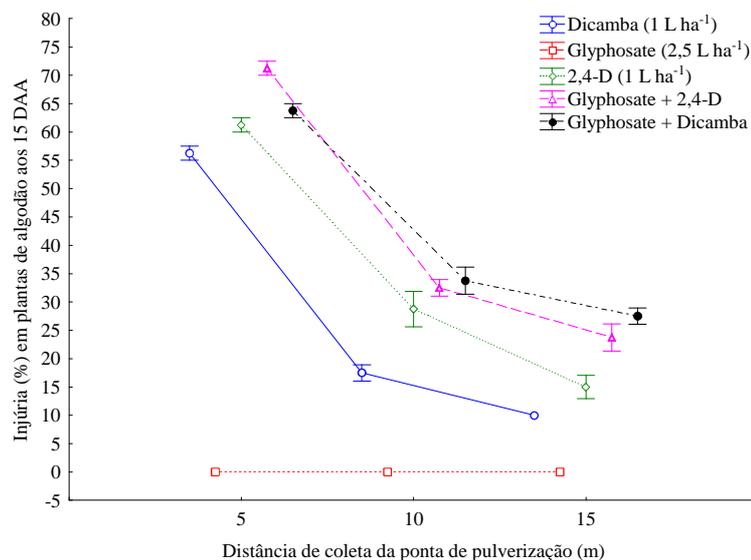
A injúria causada pela calda contendo 2,4-D de forma isolada foi maior que a calda contendo dicamba isolado nas distâncias horizontais de 10 e 15 metros. Este resultado indica maior prejuízo na aplicação de 2,4-D, quer seja pela maior deriva ou maior sensibilidade a este herbicida. Resultado semelhante foi observado por Marple et al. (2008), onde comprovaram que as lesões de 2,4-D em algodão foram superiores as de dicamba quando avaliadas aos 7 DAA. Egan et al. (2014) também constataram lesões de 2,4-D em plantas de algodão superiores as de dicamba. As caldas em mistura com o glyphosate, não apresentaram diferença estatística ente si independente da distância avaliada.

Foi observado um aumento da injúria com a inclusão do glyphosate nas caldas nas distâncias de 5 e 15 metros. Este resultado indica maior prejuízo ao

desenvolvimento da cultura, podendo ocorrer por elevação da deriva ou ainda pelo efeito sinérgico dos herbicidas em mistura. Soares et al. (2012) afirmam ainda que, mesmo em plantas resistentes, a adição do glyphosate pode causar um efeito aditivo ou sinérgico no controle. Byker et al. (2013) também relatam sinergismo nas misturas entre 2,4-D + glyphosate ou dicamba + glyphosate para as espécies dicotiledôneas.

Na avaliação da injúria ocasionada pela deriva do herbicida isolado 2,4-D, resultou em epinastia do caule, semelhante ao observado a partir de aplicações de dicamba e dicamba + glyphosate. Quando adicionado o herbicida glyphosate potencializou-se os sintomas nas plantas de algodão aos 5 e 15 metros.

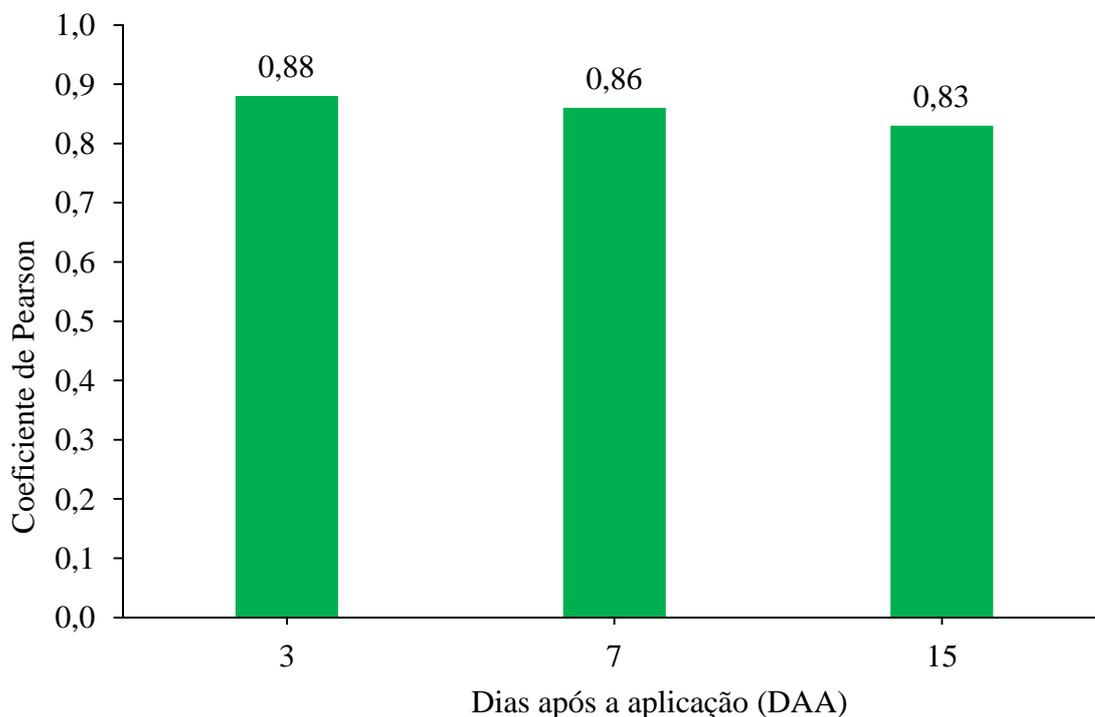
Figura 5. Injúria (%) nas plantas de algodão aos 15 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento em diferentes distâncias da ponta de pulverização.



Foi possível observar que aos 15 DAA, a injúria em plantas de algodão causada pela deriva do herbicida isolado dicamba é menor que as demais caldas avaliadas, para todas as distâncias, porém, quando avaliada a 10 e 15 metros de distância, o dicamba associado ao glyphosate mostrou os maiores níveis de injúria, equivalendo a mistura de glyphosate + 2,4-D. Isto indica uma maior deriva pela adição do glyphosate ao dicamba, ou uma maior toxicidade da mistura à planta de algodão.

Os valores de correlação entre a injúria nas plantas de algodão aos 3, 7 e 15 DAA e a deriva coletada em túnel de vento estão apresentadas na Figura 6.

Figura 6. Correlação de Pearson ($p < 0,01$) entre a injúria nas plantas de algodão aos 3, 7 e 15 DAA e a deriva coletada em túnel de vento.



Foram observados valores de correlação positiva entre a injúria nas plantas de algodão e a deriva de caldas de herbicidas coletadas. Durante o período de avaliação houve decréscimo dos valores de correlação, de 0,88 aos 3DAA para 0,83 aos 15 DAA, contudo estes valores são considerados altos, segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002).

A correlação e modelagem para injúria nas plantas de algodão aos 3 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento estão apresentadas na Figura 7. Devido à tolerância da variedade de algodão utilizada, a calda composta pelo herbicida glyphosate isolado foi desconsiderada para essa análise, a fim de não influenciar nos resultados das demais caldas avaliadas.

Observa-se que a correlação entre injúria e deriva foi positiva, confirmando que o aumento dos valores de deriva correspondem ao aumento da injúria até os valores de $1,2 \mu\text{L cm}^{-2}$, a deriva a partir desse valor não corresponde a um valor maior de injúria.

Figura 7. Correlação e modelagem entre a injúria nas plantas de algodão aos 3 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento.

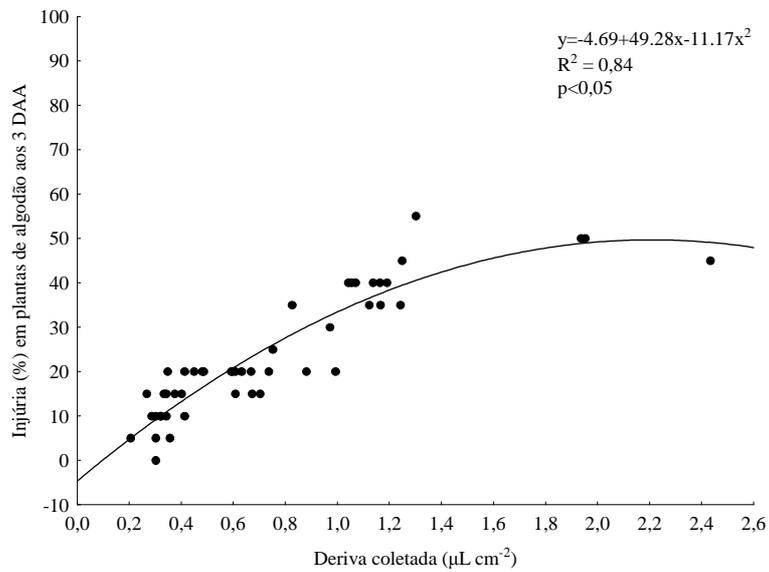
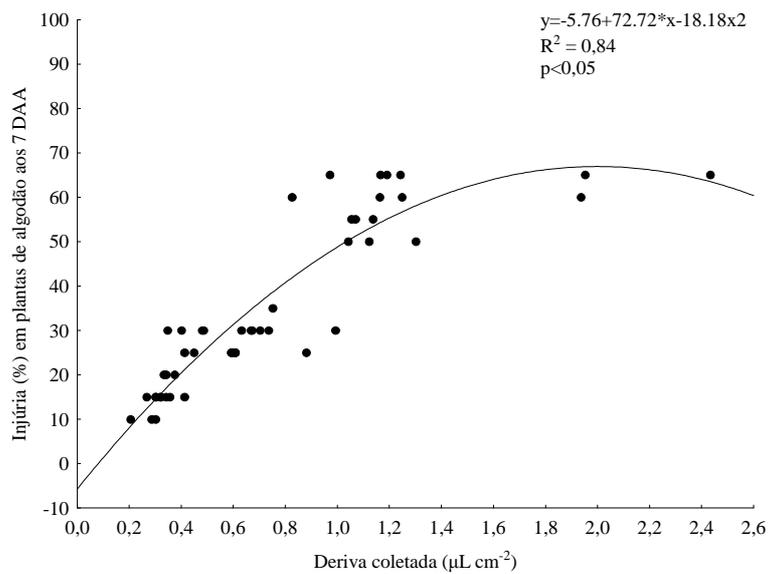


Figura 8. Correlação e modelagem entre a injúria nas plantas de algodão aos 7 DAA em função da deriva coletada em túnel de vento.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos futuros, sobre a resposta diferencial de outras cultivares quanto à deriva de herbicidas isolados e em mistura, durante seu crescimento até atingirem a fase adulta, incluindo avaliar a produtividade, sabendo que a diferença na manifestação da injúria pode ser causada pela deriva gerada pelas caldas e pela diferença de sensibilidade da cultura aos diferentes herbicidas, poderiam fornecer subsídios para o desenvolvimento de práticas de manejo eficientes e econômicas a fim de minimizar os danos causados na cultura e no meio ambiente.

Estudos de predição de deriva e risco de injúria podem ser realizados em laboratório, permitindo a adequação de tecnologias mais seguras em aplicação de herbicidas.

6 CONCLUSÃO

A deriva coletada e a injúria em plantas de algodão são inversamente proporcionais à distância da barra de pulverização. A deriva coletada tem correlação positiva com a injúria em túnel de vento.

A adição do glyphosate ao herbicida dicamba potencializa a deriva coletada. Nas distâncias horizontais de 10 e 15 metros, as caldas de dicamba e 2,4-D isoladas apresentaram o menor potencial de deriva coletada entre todas as caldas avaliadas.

O herbicida dicamba apresentou menor injúria quando comparado às caldas em mistura e a de 2,4-D isolado aos 15 DAA. A adição de glyphosate às caldas de 2,4-D e dicamba isolados, potencializa a injúria nas plantas de algodão nas distâncias horizontais de 5 e 15 metros.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAM, W. Formulações de glyphosate e adjuvantes. In: VELINI, E. D.; MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, cap. 9, p. 179-190, 2009.
- ALONSO, D. G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, J. Selectivity of glyphosate tank mixtures for RR soybean in sequential applications with mixtures only in the first or second application. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 865-875, 2010.
- ALVES, G. S.; KRUGER, G. R.; CUNHA, J. P. A. R.; SANTANA, D. G.; PINTO, L. A. T.; GUIMARÃES, F.; ZARIC, M. Dicamba spray drift as influenced by wind speed and nozzle type. **Weed Technology**, v. 31, n. 5, p. 724-731, 2017a.
- ALVES, G. S.; KRUGER, G. R.; CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, B. C.; HENRY, R. S.; OBRADOVIC, A.; GRUJIC, M. Spray drift from dicamba and glyphosate applications in a wind tunnel. **Weed Technology**, v. 31, n. 3, p. 387-395, 2017b.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo. p. 174-175, 2008.
- ANTUNIASSI, U. R. Qualidade, desempenho e responsabilidade: estratégias para o futuro. **Revista Plantio Direto**, p. 137-138, 2013.
- 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>. Acesso em: 18 de Maio de 2017.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: Conceitos básicos, inovações e tendências. In: TOMQUELSKI, G. V. et al. (Eds.). **Publicações Fundação Chapadão: Soja e Milho 2011/2012**. 5. ed. Chapadão do Sul: Fundação Chapadão. cap. 16, p. 113-139, 2012.
- AZEVEDO, L. A. S. **Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas**. 1. ed. Rio de Janeiro, p. 236, 2011.
- BALLAMINUT, C. E. C. **Seletividade da cultura do algodoeiro aos herbicidas Diuron, Clomazone, Trifloxysulfuron-sodium e Pirythiobac-sodium**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BARLOW, J. B.; RAE, W. H.; POPE, A. **Low-speed wind tunnel testing**, 3. ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999.

BELAPART, D.; MARCHESI, B. B.; GIROTTI, M.; TROPALDI, L.; CASTRO, E. B. Eficiência fotossintética de misturas de herbicidas no controle de *Ipomoea grandifolia*. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 24, p.102-109, 2013.

BOLLER, W.; FERREIRA, M. C.; COSTA, D. I. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja? **Revista Plantio Direto**, v. 121, p. 33-37, 2011.

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

BYKER, H. P.; SOLTANI, N.; ROBINSON, D. E.; TARDIF, F. J.; LAWTON, M. B.; SIKKEMA, P. H. Control of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) with dicamba applied preplant and postemergence in dicamba-resistant soybean. **Weed Technology**, v. 27, n. 3, p. 492-496, 2013.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CARVALHO, F. K.; SILVA, A. C. A.; VILELA, C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.

CHECHETTO, R. G. **Potencial de redução da deriva em função de adjuvantes e pontas de pulverização**. 2011. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; MOREIRA, M. S.; BALLAMINUT, C. E.; NICOLAI, M. Manejo de plantas daninhas na cultura do algodão. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, p. 523-550, 2007.

CHRISTOFFOLETTI, J. C. **Pulverização ou aplicação?** A Granja, Porto Alegre, n. 625, p. 35-37, 2001.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; FAGLIARI, J. R.; PAGLIARI, P. H.; ARANTES, J. G. Z.; CAVALIERI, S. D.; FRAMESQUI, V. P.; GONÇALVES, D. A. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade do algodão e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 24-29, 2007.

COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-d e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes**. 2006. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CTNBio - Comissão Técnica Nacional de Biosegurança. **Deliberações 198 Plenária** – Dezembro 2016. 2016.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes métodos de aplicação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 487-493, 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxico em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

EGAN, J. F.; BARLOW, K. M.; MORTENSEN, D. A. A Meta-Analysis on the Effects of 2,4-D and Dicamba Drift on Soybean and Cotton. **Weed Science**, v. 62, n. 1, p. 193-206, 2014.

FELICIANO, A. M. F. **Deriva em função de misturas de herbicidas e de pontas de pulverização**. 2017. 26 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes.

FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F. M.; PROCÓPIO, S. O. **Sintomas de fitotoxidez de herbicidas no algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 13, 2007 (Circular Técnica, 109).

FIBERMAX, **Sementes de algodão**. Disponível em:
<<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/fibermax>>. Acesso em 16 de Agosto de 2017.

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

GALLI, A. J. B. A molécula glyphosate e a agricultura brasileira. In: VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, cap. 2, p. 17-19, 2009.

GANDOLFO, M. A.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 474-480, 2013.

GANDOLFO, M. A.; RODRIGUES, E. B.; OSIPE, R.; MORAES, E. D.; GANDOLFO, U. D.; OSIPE, J. B. Potencial de deriva da mistura de 2,4-D com glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 3, p. 332-338, 2012.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GODINHO JÚNIOR, J. D.; VIEIRA, L. C.; PEREIRA, L. O. A.; RUAS, R. A. A.; FARIA, V. R.; FILHO, A. C. Deriva do herbicida 2,4-d aplicado com pontas hidráulicas de jato plano tipo leque. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 12, n. 4, p. 550-554, 2017.

GROSSMANN, K. Auxin Herbicide Action: Lifting the Veil Step by Step. **Plant Signaling & Behavior**, v. 2, n. 5, p. 421-423, 2007.

GROSSMANN, K.; SCHELTRUP, F.; KWIATKOWSKI, J.; CASPAR, G. Induction of abscisic acid is a common effect of auxin herbicides in susceptible plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 149, n. 3-4, p. 475-478, 1996.

HEAP, I. Global perspective of herbicide-resistant weeds. **Pest Management Science**, v. 70, n. 9, p. 1306-1315, 2014.

HILZ, E.; VERMEER, A. W. P. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. **Crop Protection**, v. 44, p. 75-83, 2013.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Boletim 2014 – **Químicos e Bioquímicos, os 10 ingredientes ativos mais vendidos**. 2014. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>>. Acesso em: 08 de Agosto de 2017.

ICAC, **International Cotton Advisory Committee**. Cotton this Month, September 1, 2011. ICAC, Small Increase in Global Cotton Consumption Expected In 2011/12. Washington: ICAC Press Release, September 2011.

INACIO, E. M. **Impactos da deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis**. 2016. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

JOHNSON, V. A.; FISHER, L. R.; JORDAN, D. L.; EDMISTEN, K. E.; STEWART, A. M.; YORK, A. C. Cotton, Peanut, and Soybean Response to Sublethal Rates of Dicamba, Glufosinate, and 2,4-D. **Weed Technology**, v. 26, n. 2, p. 195-206, 2012.

KARAM, D.; OLIVEIRA, M. F. **Seletividade de herbicidas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 8, 2007. (Circular Técnica, 98)

KELLEY, K. B.; RIECHERS, D. E.; NORDBY, D.; HAGER, A. G. **Plant growth regulator injury to soybean**. 2017. Disponível em: <<http://weeds.cropsci.illinois.edu/extension/factsheets/PGR.pdf>>. Acesso em: 14 de Dezembro de 2017.

KELLEY, K. B.; WAX, L. M.; HAGER, A. G.; RIECHERS, D. E. Soybean response to plant growth regulator herbicides is affected by other postemergence herbicides. **Weed Science**, v. 53, n. 1, p. 101-112, 2005.

KIRBY, C. The Hormone Weedkillers: A Short History of Their Discovery and Development. London Road, Croydon: **British Crop Protection Council**. p. 55, 1980.

KRUGER, G. R.; DAVIS, V. M.; WELLER, S. C.; JOHNSON, W. G. Control of horseweed (*Conyza canadensis*) with growth regulator herbicides. **Weed Technology**, v. 24, n. 4, p. 425-429, 2010.

LUCHINI, L. C. Considerações sobre algumas propriedades físico-químicas do glyphosate. In: VELINI, E. D.; MESCHÉDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, cap. 3, p. 21-30, 2009.

MADUREIRA, P. R. **Pontas e adjuvantes no potencial risco de deriva em pulverizações de produtos fitossanitários**. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MARPLE, M. E.; AL-KHATIB, K.; PETERSON, D. E. Cotton injury and yield as affected by simulated drift of 2,4-D and dicamba. **Weed Technology**, v. 22, n. 4, p. 609-614, 2008.

MASIÁ, G.; CID, R. Las boquillas de pulverización. In: MAGDALENA, J. C. et al. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**. Rio Negro: Cytel, p. 77-88, 2010.

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

MELERO, M. M. **Aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate, 2,4-d e paraquat em algodoeiro**. 2016, 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 588, 2010.

MOHSENI-MOGHADAM, M.; DOOHAN, D. Response of Bell Pepper and Broccoli to Simulated Drift Rates of 2,4-D and Dicamba. **Weed Technology**, v. 29, n.2, p. 226-232, 2015.

MOKEBA, M. L.; SALT D. W.; LEE, B. E.; FORD, M. G. Simulating the dynamics of spray droplets in the atmosphere using ballistic and random-walk models combined. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 68, n. 4, p. 923-933, 1997.

MOREIRA JÚNIOR, O. **Construção e validação de um túnel de vento para ensaios de estimativa da deriva em pulverizações agrícolas**. 2009. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MORTENSEN, D. A.; EGAN, J. F.; MAXWELL, B. D.; RYAN, M. R.; SMITH, R. G. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. **BioScience**, v. 62, n. 1, p. 75-85, 2012.

NARDI FILHO, W. **Produtividade da soja e do trigo em função de manejos de plantas daninhas em pós-emergência e da dessecação em pré-colheita**. 2013. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

NUNES, S. G. **Controle de plantas invasoras em pastagens cultivadas nos Cerrados**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 35, 2001.

OLIVEIRA, D. P.; SANTOS, S. M. S.; LACERDA, J. J.; LIMA, H. A.; SILVA, R. A. Alterações morfológicas na cultura do algodão provocada por subdoses de 2,4-D na fase inicial de desenvolvimento da cultura. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 4, p. 414-426, 2015.

OLIVEIRA JR, R. S.; **Mecanismo de ação de herbicidas**. Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba, p. 146, 2011.

OZKAN, H. E. **Reduzindo a deriva nas pulverizações**. 2001. Disponível em: <<http://www.comam.com.br>>. Acesso em: 28 de Julho de 2017.

PETTER, F. A.; SEGATE, D.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F. P. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e fungicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 449-457, 2012.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, p. 309, 2002.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina, p. 697, 2011.

RODRIGUES, E. B.; ABI SAAB, O. J. G.; GANDOLFO, M. A. Cana-de-açúcar: avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glifosato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 15, n. 1, 2011.

RODRIGUES, J. D. Absorção e transporte de solutos nas plantas. In: VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: Fepaf, cap. 4, p. 31-112, 2009.

SANTOS, M. P. **Fitotoxicidade causada por deriva simulada do herbicida dicamba na cultura da soja**. 2017. 11 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SBCPD - Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBCPD, p. 42, 1995.

SCHAMPHELEIRE, M.; NUYTENS, D.; BAETENS, K.; CORNELIS, W.; GABRIES, D.; SPANOGHE, P. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. **Precision Agriculture**, v. 9, p. 1-12, 2008.

SCIUMBATO, A.S.; CHANDLER, J. M.; SENSEMAN, S. A.; BOVEY, R. W.; SMITH, K. L. Determining exposure to auxinlike herbicides. I. quantifying injury to cotton and soybean. **Weed Technology**, v. 18, n. 4, p. 1125-1134, 2005.

SHAW, D. R.; ARNOLD, J. C. Weed control from herbicide combinations with glyphosate. **Weed Technology**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2002.

SIDAHMED, M. M.; AWADALLA, H. H.; HAIDAR, M. A. Symmetrical multi-foil shields for reducing spray drift. **Biosystems Engineering**. v. 88, n. 3, p. 305–312, 2004.

SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA JR, R. S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 189-248, 2007a.

SILVA, J. F.; SILVA, J. F.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A. Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 367, 2007b.

SINDIVEG – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. **Balanco 2015 – Setor de agroquímicos confirma queda de vendas**. 2016. Disponível em: <<http://sindiveg.org.br/balanco-2015-setor-de-agroquimicos-confirma-queda-de-vendas/>>. Acesso em: 08 de Agosto de 2017.

SMITH, H. C.; FERRELL, J. A.; WEBSTER, T. M.; FERNANDEZ, J. V. Cotton response to simulated auxin herbicide drift using standard and ultra-low carrier volumes. **Weed Technology**, v. 31, n. 1, p. 1-9, 2017.

SOARES, D. J. Control of glyphosate resistant hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) with dicamba e 2,4-D. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 401-406, 2012.

SOUZA, A.; LOURENZANI, W. L.; QUEIROZ, T, R. **Análise da evolução da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. XXX Encontro nacional de engenharia de produção. São Carlos, 2010.

SPAUNHORST, J. D.; BRADLEY, K. W. Influence of dicamba and dicamba plus glyphosate combinations on the control of glyphosate-resistant Waterhemp (*Amaranthus rudis*). **Weed Technonology**, v. 27, n. 4, p. 675-681, 2013.

STERLING, T. M.; HALL, J. C. Mechanism of action of natural auxins and the auxinic herbicides. In: ROE, R. M.; BURTON J. D.; KUHR, R. J. **Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology**. Amsterdam: IOS Press, p. 111-141, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 888, 2017.

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; FRANCHINI, L. H. M.; BRAZ, G. B. P.; RIOS, F. A.; GHENO, E. A.; GEMELLI, A. Efeito da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2013.

USDA – United States Department of Agriculture. Cotton: World Markets and Trade. 2017. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/cotton.pdf>> Acesso em: 31 de Setembro de 2017.

U. S. EPA, United States Environmental Protection Agency. **Ingredients Used in Pesticide Products: 2,4-D**. 2013. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ingredientes-used-pesticide-products/24-d>>. Acesso em: 15 de Agosto de 2017.

VANNESTE, S.; FRIML, J. Auxin: a trigger for change in plant development. **Cell**, v. 136, p. 1005-1016, 2009.

WEBSTER, T. M.; GREY, T. L.; FLANDERS, T.; CULPEPPER, A. S. Cotton planting date affects the critical period of benghal dayflower (*Commelina benghalensis*) control. **Weed Science**, v. 57, n. 1, p. 81-86, 2009.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Deriva simulada de glyphosate em algodoeiro: efeito de dose, cultivar e estágio de desenvolvimento. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 821-826, 2006.