

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**CONTROLE DE MOSCA BRANCA NA CULTURA DA SOJA
COM PULVERIZAÇÃO ASSISTIDA DE AR E GOTAS
CARREGADAS ELETRICAMENTE**

Gabriela Pelegrini
Engenheira Agrônoma

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**CONTROLE DE MOSCA BRANCA NA CULTURA DA SOJA
COM PULVERIZAÇÃO ASSISTIDA DE AR E GOTAS
CARREGADAS ELETRICAMENTE**

Gabriela Pelegrini

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

P381c Pelegrini, Gabriela
Controle de mosca branca na cultura da soja com pulverização assistida de ar e gotas carregadas eletricamente / Gabriela Pelegrini. -- Jaboticabal, 2021
94 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Marcelo da Costa Ferreira

1. Agronomia. 2. Aplicação de produtos químicos agrícolas. 3. Tecnologia de Aplicação. 4. Insetos. 5. Eletrostática. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONTROLE DE MOSCA BRANCA NA CULTURA DA SOJA COM PULVERIZAÇÃO ASSISTIDA DE AR E GOTAS CARREGADAS ELETRICAMENTE

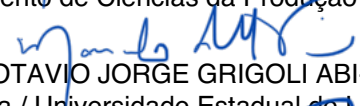
AUTORA: GABRIELA PELEGRINI

ORIENTADOR: MARCELO DA COSTA FERREIRA

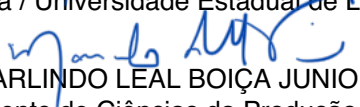
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI-SAAB (Participação Virtual)
Agronomia / Universidade Estadual de Londrina



Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 27 de julho de 2021

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

GABRIELA PELEGRINI, nasceu em Jaboticabal, São Paulo (SP). Possui graduação em Engenharia Agrônoma, habilitação Engenheira Agrônoma, pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Jaboticabal - SP, obtendo o título em Fevereiro de 2018. Durante a graduação foi bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no período de 2014 a 2015, auxiliando nas avaliações de alocação de biomassa na parte aérea e eficiência de utilização de nutrientes em clones de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, para fins de melhoramento genético. Desenvolveu Iniciação Científica sem bolsa pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no período de 2016 a 2017, auxiliando nas avaliações de estimativas de correlação e análise de trilha entre caracteres do grão de milho pipoca, atuando na área de melhoramento genético vegetal. Em 2017 realizou estágio curricular na Dupont Pioneer Itumbiara – GO, com atividades na produção de semente matriz de milho na região de Avaré – SP. Em 2018 realizou intercâmbio agrícola pelo programa Brazil – International Exchange Program (BRAZIL – IEP), onde realizou atividade em casa de vegetação com horticulturas, no Estado de Minnesota, Estados Unidos. Em agosto de 2019, iniciou o curso de Mestrado Acadêmico no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, sendo membro do grupo Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), localizado no Departamento de Ciências da Produção Agrícola desta instituição. Em julho de 2021, submete-se à banca examinadora para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos”

ELEANOR ROOSEVELT

Aos meus pais *Angela Maria Vitale Pelegrini* e *Gilberto Pelegrini* por sempre terem me apoiado e incentivado em todos os momentos de vida. Por nunca duvidarem da minha capacidade e por todo amor, carinho e compreensão que me proporcionam. Vocês são a minha inspiração!

DEDICO

Ao meu avô *Manuel Vitale, in memoriam*, por ter acompanhado e tornado a minha infância muito mais colorida, bonita e alegre. Você sempre estará na minha memória e coração!

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da vida, por ter me dado saúde para percorrer essa caminhada e por ter tornado meus sonhos em objetivos alcançáveis.

À minha família por sempre se fazer presente, pelos conselhos, incentivo, suporte e todo carinho nessa etapa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, por ter confiado no meu potencial em realizar este trabalho, por ter me orientado durante esse tempo com dedicação e companheirismo, pelos ensinamentos e conselhos e por ter me concedido a oportunidade de fazer parte da equipe do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA).

Ao grupo de pesquisa NEDTA, o qual tenho orgulho e sou feliz de fazer parte, representado pelos membros que já passaram e aos que fazem parte atualmente, em especial Cícero Antônio Marianno, Fabiano Griesang, Bruno Oliveira Liberato, Sofia Santana Mortati, Alessandra Simone Santos de Oliveira Flor, Pedro Henrique Urach Ferreira e Deucymara Bomfim. A participação de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/FCAV), Campus de Jaboticabal por ter me proporcionado tanto conhecimento e evolução profissional e pessoal por tanto tempo, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), coordenado pelo Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva e ao Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filha pelo ótimo trabalho realizado juntamente com os demais professores do programa.

Agradeço especialmente a Gilberto Pelegrini, Angela Maria Vitale Pelegrini, Maria Isabel Vitale, Ana Carolina Aparecida Alves, Jean Carlos Pelegrini, Rafael Jiacometi Cardoso, Maricélio Souza, Ana Beatriz Dilela Spadoni e Maria Fernanda Tavares Ramos por terem participado efetivamente e de forma contributiva na condução dos experimentos. Obrigada por serem pessoas tão especiais que sempre me ajudaram sem

esperar nada em troca, pela amizade verdadeira. Vocês tornaram essa caminhada mais leve e prazerosa.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação, aprendizado e realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A mosca branca na soja e seu controle	3
2.2. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	6
2.2.1. A pulverização com gotas carregadas eletricamente	7
2.2.2. A pulverização com assistência de ar	11
3. REFERÊNCIAS.....	14
CAPÍTULO 2 - PULVERIZAÇÃO COM ASSISTÊNCIA DE AR E GOTAS CARREGADAS ELETRICAMENTE PARA CONTROLE DE <i>Bemisia tabaci</i> NA CULTURA DA SOJA.....	22
RESUMO.....	22
1. INTRODUÇÃO	24
2. MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1. Caracterização da calda fitossanitária	26
2.2. Avaliação da aplicação com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente	28
2.3. Análise estatística.....	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.1. Estabilidade físico-química da calda	34
3.2. Tensão superficial e ângulo de contato	35
3.3. Tamanho de gotas em laboratório	36
3.4. Tamanho de gotas no papel hidrossensível	38
3.5. Cobertura superficial.....	40

3.6. Depósito de calda fitossanitária	43
3.7. Número de ninfas/folíolo de <i>Bemisia tabaci</i> em função das técnicas de aplicação.....	45
3.8. Produtividade da soja	50
4. CONCLUSÃO	53
5. REFERÊNCIAS.....	53
CAPÍTULO 3 - ASSOCIAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE AR E GOTAS CARREGADAS ELETRICAMENTE NO CONTROLE DE MOSCA BRANCA NA SOJA.....	61
RESUMO.....	61
1. INTRODUÇÃO	63
2. MATERIAL E MÉTODOS	64
2.1. Avaliação da aplicação com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente	65
2.2. Análise estatística.....	70
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
3.1. Tamanho de gotas	71
3.2. Cobertura superficial.....	73
3.3. Depósito de calda fitossanitária	76
3.4. Número de ninfas/folíolo de <i>Bemisia tabaci</i> em função das técnicas de aplicação.....	80
3.5. Produtividade da soja	85
4. CONCLUSÃO	88
5. REFERÊNCIAS.....	88
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	94

CONTROLE DE MOSCA BRANCA NA CULTURA DA SOJA COM PULVERIZAÇÃO ASSISTIDA DE AR E GOTAS CARREGADAS ELETRICAMENTE

RESUMO – A *Bemisia tabaci* biótipo B é uma praga de difícil controle na cultura da soja e um dos fatores para isso é o hábito de se alojar, preferencialmente, na face inferior das folhas. A associação de gotas carregadas eletricamente e assistência de ar podem contribuir para maior penetração das gotas pelo dossel da cultura e proporcionar maior depósito na face abaxial das folhas. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da pulverização assistida de ar e com gotas carregadas eletricamente no controle de *Bemisia tabaci* na soja. Foram realizados dois experimentos em campo nas safras 2019/20 e 2020/21 e dois experimentos, como réplica, em casa de vegetação com vasos utilizando de aplicação com pulverizador costal motorizado assistido de ar e com gotas carregadas eletricamente, sendo realizada a pulverização: 1. sem assistência de ar e sem carga elétrica (convencional); 2. assistida de ar; 3. com gotas carregadas eletricamente; 4. com gotas carregadas eletricamente e assistência de ar; 5. tratamento sem aplicação (testemunha). Os experimentos foram conduzidos de forma similar. Foram avaliados em campo o tamanho de gotas e a cobertura em papel hidrossensível, depósito de calda em acetato fixado nos folíolos das plantas, número de ninfas/folíolo e a produtividade da cultura. O tamanho de gotas também foi avaliado em laboratório, no laser. A eletrificação das gotas e assistência de ar não alterou o tamanho e a uniformidade das gotas, que foram classificadas como: finas. A cobertura superficial não apresentou incremento com o uso de assistência de ar e gotas carregadas eletricamente. Para o depósito de calda, as gotas carregadas e associação das gotas carregadas com assistência de ar aumentaram o depósito em algumas posições na planta, principalmente na face abaxial das folhas, nos experimentos em vaso. Em comparação com a testemunha, o número de ninfas por folíolo foi reduzido nas parcelas tratadas que, no geral, não diferiram entre si. Conclui-se que a pulverização com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente não alterou a produtividade da soja e o controle de mosca branca em relação à aplicação convencional.

Palavras-chaves: Carga elétrica, assistida de ar, *Bemisia tabaci*, depósito de calda, tamanho de gotas.

WHITEFLY CONTROL IN SOYBEAN CROPS WITH AIR ASSISTED SPRAYING AND ELECTRICALLY CHARGED DROPS

ABSTRACT – *Bemisia tabaci* is a pest that is difficult to control in soybean crops and one of the factors for this is the habit of lodging, preferably, on the underside of leaves. The association of electrically charged droplets and air assistance can contribute to greater droplet penetration through the crop canopy and provide greater deposit on the abaxial surface of leaves. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of assisted air spraying and with electrically charged droplets on the control of *Bemisia tabaci* in soybean. Two field experiments were carried out in the 2019/20 and 2020/21 seasons and two experiments, as a replica, in a greenhouse with pots using an application with motorized costal sprayer assisted by air and electrically charged droplets, with the spraying being carried out: 1. without air assistance and without electrical charge (conventional); 2. assisted air; 3. with electrically charged drops; 4. with electrically charged drops and air assist; 5. treatment without application (untreated). The experiments were conducted in a similar way. Droplet size and coverage in water-sensitive paper, tank-mixture deposit on acetate fixed on plant leaflets, number of nymphs/leaf and crop productivity were evaluated in the field. Droplet size was also evaluated in the laboratory, in laser. Droplet electrification and air assistance did not change the size and uniformity of the droplets, which were classified as: fine. Surface coverage did not increase with the use of air assistance and electrically charged drops. For the tank-mixture deposit, the charged droplets, and the association of the charged droplets with air assistance increased the deposit in some positions on the plant, mainly on abaxial surface of leaves, in the pot experiments. In comparison with the control, the number of nymphs per leaflet was reduced in the treated plots which, in general, did not differ from each other. It was concluded that spraying with air assistance and electrically charged droplets did not change soybean yield and whitefly control compared to conventional application.

Keywords: Electric charge, air assist, *Bemisia tabaci*, tank-mixture deposit, droplet size.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é a cultura de maior área cultivada no Brasil, na qual a produção nacional atingiu 135,9 milhões de toneladas de grãos na safra 2020/21, colocando o país entre os dois maiores produtores de soja grão do mundo. Estima-se que a produção na safra 2021/22, atingirá 140,2 milhões de toneladas (Conab, 2021).

Entretanto, existem diversos fatores que podem afetar a produção, ocasionando prejuízos à cultura. Além do clima, destacam-se os problemas fitossanitários com drástica redução da produtividade, caso o manejo desses problemas não seja realizado adequadamente. Dentro os insetos fitófagos de importância na cultura, a mosca branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) se destaca por ser vetor de vírus e devido à dificuldade de controle.

O biótipo B de *B. tabaci* é um inseto polífono, que ocasiona danos diretos e indiretos durante a alimentação feita por ninfas e adultos no floema, pela injeção de toxinas que podem promover alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas (Baldin et al., 2017) e vem se tornando mais importante a cada safra. É um inseto vetor de transmissão do vírus da necrose da haste, *Cowpea mild mottle virus* (CpMMV), pertencente ao gênero Carlavirus (Lopez et al., 2008). Outro problema ocasionado por esse inseto, é excreção de uma substância melada (honeydew) durante a alimentação favorecendo a formação de fumagina *Capnodium* sp., com isso as folhas passam ter coloração escura, afetando negativamente a taxa fotossintética das plantas (Naranjo e Legg, 2010).

O manejo de mosca branca é dificultado pelo seu hábito de se alojar, principalmente, na face abaxial das folhas, facilidade em desenvolver resistência, rápida capacidade de reprodução, facilidade de se adaptar a novos hospedeiros, a diferentes condições climáticas e de disseminação (Baldin et al., 2017). Os ovos deste inseto se

localizam, preferencialmente no terço superior das plantas e na face abaxial das folhas, devido a oviposição dos adultos ser neste local. Enquanto as ninfas se localizam, preferencialmente, no terço médio das plantas e na face abaxial das folhas, devido ao desenvolvimento das plantas em conjunto com o desenvolvimento da praga (Suekane et al., 2013).

A principal forma de manejo é com pulverização convencional de inseticidas químicos, o que torna difícil a chegada do produto na face abaxial das folhas, muitas vezes chegando apenas subdoses dos produtos. Com isso, a eficiência de controle é reduzida e há inclusive favorecimento à seleção de indivíduos resistentes aos ingredientes ativos. Sendo assim, pesquisas que visam disponibilizar alternativas eficientes para o controle da mosca branca têm sido conduzidas em todo mundo, entre elas pulverização assistida de ar com gotas carregadas eletricamente.

A tecnologia de pulverização eletrostática consiste na formação de gotas decorrentes de cargas elétricas na calda, de um determinado sinal e em alta tensão. Mais recentemente tem sido utilizada uma variante desta tecnologia, em que comumente as gotas são formadas por energia hidráulica (pressurização) e a eletrificação ocorre após a formação das gotas pelo pulverizador, mas não é responsável direta pela fragmentação do líquido (Chaim, 2015). Esta eletrificação se dá com a finalidade de promover forte atração das gotas pela superfície da planta e vice-versa e é descrito por Chaim (2015) como processo de carga por indução com eletrificação indireta.

As gotas formadas por ponta de pulverização de energia hidráulica apresentam tamanhos variados, desuniformes e sujeitas à deriva. Com a eletrificação após a formação das gotas, as gotas são capazes de fazer curvas no ar, dependendo da massa e da carga elétrica, repelindo-se entre si e sendo atraídas para todas as direções da superfície vegetal, devido ao campo elétrico gerado pelas cargas transferidas ao líquido e as cargas presentes na planta (Serra et al., 2008; Matthews et al., 2014). Como resultado esperado da atração relativamente mais bem orientada e favorecida para a superfície, em relação às gotas sem carga, sobretudo as menores, é comum a obtenção de maior cobertura dos alvos e melhor distribuição da calda pelo dossel das plantas (Martin e Latheef, 2017) e, complementarmente portanto, uma redução na deriva.

Entretanto, o sucesso dessa tecnologia é mais encontrado com o uso de gotas entre 30 e 80 μm (Chaim, 2015), classificadas de finas a muito finas. Além disso, a transferência de cargas elétricas às gotas possibilita melhoria da pulverização principalmente nas partes superiores das plantas, se fazendo necessário a associação com assistência de ar para que as gotas cheguem até as partes mais internas do dossel das plantas.

A pulverização assistida de ar tem a finalidade de produzir um jato de ar, por meio de um ventilador acoplado ao pulverizador, fazendo com que as gotas sejam direcionadas e transportadas para o alvo, com possível redução das perdas por deriva. Segundo Gupta et al. (2012) o fluxo de ar gerado pelo ventilador pode abrir o dossel da planta favorecendo a deposição de gotas no interior do dossel. Entretanto, a eficiência da assistência de ar depende de diversos fatores. Entre eles, da espécie a ser cultivada, do estágio de desenvolvimento e arquitetura das plantas, índice de área foliar, nível de infestação da praga, local onde se aloja o alvo, além da cobertura de pulverização desejada (Piché et al., 2000), do tamanho de gotas, do vento e da umidade ambiente.

O uso de pulverização assistida de ar mais gotas carregadas eletricamente no tratamento fitossanitário constitui-se em uma alternativa promissora no controle de mosca branca na soja. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da pulverização com gotas carregadas eletricamente e com assistência de ar no controle de mosca branca na cultura da soja, tanto em campo como em casa de vegetação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A mosca branca na soja e seu controle

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta de origem no continente asiático, mais precisamente na China. No Brasil, é a cultura individual de maior área de cultivo,

cuja produção e importância tem crescido para abastecimento do consumo interno de óleos, consumo humano e animal, além de outros segmentos industriais e internacionais. (Bezerra et al., 2015). A produção nacional de soja atingiu 135,9 milhões de toneladas na safra 2020/21, colocando o Brasil entre os dois maiores produtores de grãos de soja do mundo. Estima-se que a produção na safra 2021/22, deverá atingir 140,2 milhões de toneladas, aproximadamente (Conab, 2021).

Entretanto, diversos fatores afetam o potencial produtivo da cultura e a qualidade dos grãos, ocasionando drástica redução da produtividade. Além do clima e da fertilidade, destacam-se os problemas fitossanitários como insetos fitófagos, patógenos e plantas daninhas. Os insetos fitófagos podem ocorrer durante todo o ciclo da cultura, comprometendo assim o desenvolvimento das plantas, o rendimento e a qualidade dos grãos produzidos (Godoy et al., 2016).

Dentre os insetos fitófagos de importância na soja, a mosca branca, *B. tabaci* se destaca devido à dificuldade de controle e a altos níveis de infestações. No Brasil, foi considerada por muito tempo como praga ocasional na soja, porém o biótipo B da espécie, introduzida no país no início da década de 90 (Lima e Lara, 2004), vem se tornando mais importante a cada safra.

A mosca branca pertence à ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha e família Aleyrodidae. Considerado um inseto pequeno, os adultos medem entre 1 e 2 mm de comprimento e 0,36 a 0,51 mm de largura e as fêmeas são maiores do que os machos. O dorso tem coloração amarelo claro e as asas são brancas (Souza e Vendramim, 2001). Esses insetos são hemimetábolos, ou seja, possuem metamorfose incompleta, passando pela fase de ovo, ninfa (com quatro estádios, sendo o último chamado de pseudo-pupa) e adulto (Villas Bôas et al., 2002). A fêmea é capaz de pôr entre 100 e 300 ovos, dependendo da alimentação e da temperatura ambiente, durante todo o seu ciclo de vida.

De forma geral, o inseto permanece de 3 a 6 dias na fase de ovo, 12-15 nos estádios de ninfa e 18 dias como adultos, a duração de cada período pode variar de acordo com o hospedeiro e condições climáticas. O período ninfal médio registrado em estudo com tomateiro foi de 21,77 dias no “inverno” e 10,29 dias na “primavera” (Toscano et al., 2016). Silva et al. (2014) relataram que em temperaturas mais elevadas o

desenvolvimento da mosca é favorecido, enquanto em temperaturas baixas o ciclo de vida tende a ser mais longo. Albergaria e Cividanes (2002) relatam aumento na mortalidade de ovos e ninfas em temperaturas iguais ou superiores a 35°C.

O aparelho bucal do inseto é do tipo sugador, o aparelho digestivo possui uma “câmara-filtro”, responsável pela excreção do excesso de alimento sugado na forma de uma substância melada (honeydew) (Naranjo e Legg, 2010). Considerado um inseto extremamente polífago, pode ocasionar danos diretos e indiretos nas plantas. Os danos diretos estão relacionados ao hábito de ninfas e adultos se alimentarem da seiva do floema e pela injeção de toxinas que podem promover alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das culturas (Baldin et al., 2017). Enquanto os danos indiretos são causados por sua capacidade de transmitir mais de 200 tipos de vírus, constituindo os transmissores de begomovírus (Polston et al., 2014).

Em plantas de soja, a mosca branca é vetor da necrose da haste (*Cowpea mild mottle vírus* – CpMMV), pertencente ao gênero Carlavirus. O vírus faz com que a haste das plantas fique necrosada e, com a evolução da doença a cultura pode sofrer danos severos até a morte (Lopez et al., 2008). Outro importante dano indireto é a excreção de “honeydew”, uma substância açucarada, que favorece o desenvolvimento de fumagina (*Capnodium* sp.) na superfície das folhas. Consequentemente as folhas ficam com coloração escura, provocando a redução da taxa fotossintética pelo bloqueio parcial ou total da radiação solar (Naranjo e Legg, 2010).

A mosca branca se mostra de difícil controle por diversos motivos. Entre eles, o hábito de se alojar, preferencialmente, na face abaxial das folhas, o que dificulta a chegada de produtos fitossanitários no alvo desejado, com qualidade e em quantidades necessárias. Além disso, pela facilidade em desenvolver resistência aos ingredientes ativos dos inseticidas, pela capacidade de reprodução rápida, pela facilidade de se adaptar a novos hospedeiros e a diferentes condições climáticas, e da facilidade de disseminação (Baldin et al., 2017).

Os ovos deste inseto se localizam, preferencialmente no terço superior das plantas e na face abaxial das folhas, devido a oviposição dos adultos ser neste local. Enquanto as ninfas se localizam, preferencialmente, no terço médio das plantas e na face abaxial

das folhas, devido ao desenvolvimento das plantas em conjunto com o desenvolvimento da praga (Suekane et al., 2013).

Atualmente, a principal forma de manejo desse inseto praga é a aplicação de inseticidas, sendo mais comum o uso de neonicotinóides, juvenóides reguladores de crescimento e inibidores do processo de alimentação. Esses grupos de inseticidas têm como propriedade a ação em diferentes estádios de desenvolvimento dos insetos. Porém o foco principal dos produtores tem sido os adultos, o que provavelmente explica a baixa eficiência no controle dos insetos em grande parte das situações (Baldin et al., 2017).

Além disso, os produtos fitossanitários são aplicados em área total com pulverizadores convencionais, o que dificulta o depósito de calda na face abaxial das folhas, local onde o inseto se aloja preferencialmente (Silva et al., 2006), muitas vezes chegando apenas subdoses dos produtos. Nesse caso, a eficiência de controle é reduzida e há inclusive um favorecimento para o processo de seleção de indivíduos resistentes aos ingredientes ativos utilizados. Por esses motivos, é necessário a utilização de estratégias e tecnologias mais adequadas para melhorar a eficiência das aplicações com o intuito de controlar a mosca branca.

2.2. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é uma ferramenta primordial no processo produtivo das culturas, inclusive da soja, uma vez que se baseia em conhecimentos científicos para a correta colocação do produto no alvo, em quantidade necessária, quando e se necessário, de forma econômica e com o mínimo de contaminação possível de áreas não alvo (Matuo, 1990).

A qualidade da pulverização está relacionada com a quantidade adequada do produto fitossanitário que alcança o alvo desejado, com o número e tamanho de gotas ideais, homogeneamente pulverizadas com o mínimo de perdas (Minguela e Cunha, 2010). No entanto, para a obtenção de sucesso nas aplicações é necessário o

conhecimento de fatores que influenciam direta e indiretamente no processo de aplicação. Entre esses fatores, o conhecimento da cultura como um todo, do alvo, do produto em uso, do equipamento mais adequado para a pulverização e das condições meteorológicas. (Matuo, 2007; Matarazo, 2010).

2.2.1. A pulverização com gotas carregadas eletricamente

O produto fitossanitário aplicado deve exercer ação sobre determinado organismo de interesse agrônômico. Para isso é necessário que o alvo seja atingido. Qualquer quantidade de produto que não atinja o alvo, não terá qualquer eficácia, estará representado como forma de perda e, além disso, poderá chegar a lugares não alvo, contaminando outras áreas, propriedades e ambiente (Matuo, 1990).

A eficiência de uma aplicação requer cobertura superficial e depósito de produtos adequados para que se possa atingir o alvo de interesse. Em diversos estudos têm-se demonstrado que o emprego de gotas pequenas, menores que 100 μm (Arvidsson et al., 2011; Baesso et al., 2014; Chaim, 2015), proporcionam os melhores resultados no controle de problemas fitossanitários, por proporcionarem maior cobertura do alvo, sendo indicados para aplicação de fungicida e inseticida, principalmente os de contato, que necessitam maior uniformidade de distribuição de calda para controle de insetos e agentes fitopatogênicos.

Porém, as gotas finas produzidas durante a pulverização possuem pouca energia cinética e são mais facilmente carregadas pelo vento e mais sujeitas a evaporação, o que faz com que suas capturas pelo alvo sejam reduzidas sendo menos seguras do ponto de vista ambiental (Sasaki et al., 2015). Desta maneira, as vantagens esperadas de maior eficiência de utilização de gotas finas somente se verificam em condições especiais de uso e na adequação das técnicas de aplicação à cultura e ao alvo (Chaim, 2015).

Para que as gotas pequenas atinjam eficientemente o alvo é necessário acrescentar a elas uma energia extra. A eletrificação das gotas finas e muito finas, com

carga suficiente, pode controlar o movimento dessas gotas inclusive contra a gravidade, podendo melhorar o depósito de calda, especialmente na face abaxial das folhas durante as pulverizações (Chaim, 2015).

O método de pulverização eletrostática é utilizado na indústria, na pintura de automóveis há muitos anos, e mais recentemente em impressoras a jato de tinta. Porém, seu uso na agricultura não se estendeu, principalmente por falta de equipamentos portáteis de alta voltagem e o uso de pulverizadores não condutores, que limitaram o uso viável dessa tecnologia na agricultura (Electrostatic spraying systems, 2007).

As pesquisas a respeito do uso de gotas carregadas eletricamente cresceram, principalmente, depois do sucesso do pulverizador “Electrodyn” desenvolvido por Coffee (1981). Na revisão sobre o emprego de gotas com carga eletrostática para aplicação de produtos fitossanitários, Hislop (1988) relatou que é possível reduzir mais de 50% dos ingredientes ativos recomendados nas aplicações, sem reduzir a qualidade do controle biológico. Em adição, a pulverização eletrostática reduz os efeitos dos produtos sob os organismos que compõem a fauna do solo, devido à redução de até 20 vezes das perdas para o solo (Serra, 2007). No manejo de plantas aquáticas em corpos d'água, a pulverização eletrostática pode ser usada como estratégia de proteção da qualidade da água, uma vez que, devido ao campo elétrico, as gotas são mais bem direcionadas às plantas (Garlich et al., 2020).

A pulverização eletrostática evoluiu e passou a ser utilizada em vários tipos de equipamentos como em pulverizadores semi-estacionários, pulverizadores tracionados e automotriz com barras dotadas dessa tecnologia, bem como o uso em aeronaves agrícolas (Cerqueira, 2013).

Mais recentemente está sendo utilizada a tecnologia eletrostática com algumas variações, que consiste no uso de gotas formadas por pontas de energia hidráulica (pressurização) e a eletrificação acontece com a calda fitossanitária após a formação das gotas pelo pulverizador, mas a eletrificação não é responsável direta pela fragmentação do líquido (Chaim, 2015). Neste caso, esta eletrificação acontece com a finalidade de promover a atração das gotas pela superfície das plantas e vice-versa.

Para compreender o mecanismo de atração de gotas com carga eletrostática é necessário entender duas leis básicas da eletrostática. A primeira consiste na atração de cargas de polaridades opostas e de repelência entre cargas de mesma polaridade. A segunda, a carga de um corpo ou de uma nuvem de partículas carregadas induzirá uma carga elétrica oposta em algum outro corpo condutor aterrado que estiver próximo. Neste último caso, serão formadas linhas de fluxo, semelhantes às linhas dos polos de um ímã. Gotas de uma nuvem carregada próxima a um corpo aterrado, neste caso as plantas, apresentarão a tendência de se movimentarem seguindo as linhas de fluxo, em virtude da primeira lei básica da eletrostática. Devido à natureza curvilínea das linhas de fluxo, as gotas projetadas por um bico poderão atingir todos os lados do corpo aterrado, inclusive a face abaxial das folhas (Chaim, 2015), local preferencial onde a mosca branca se aloja.

Os processos utilizados para eletrificação das gotas podem ser: eletrificação por efeito corona, onde um eletrodo pontiagudo submetido a altas tensões ioniza o ar e as cargas livres entram em contato com as gotas produzidas; indução com eletrificação direta, onde a eletrificação se dá por contato de eletrodos com o líquido; e eletrificação indireta, onde o processo de carga se dá por indução com eletrificação indireta (Chaim, 2015). O processo mais utilizado atualmente é a eletrificação de gotas por indução, sendo a indução indireta utilizada na eletrificação de gotas formadas por energia hidráulica e foi o tipo utilizado neste trabalho.

No processo de carga por indução com eletrificação indireta a calda fitossanitária é mantida aterrada, ou seja, com voltagem igual a zero. As gotas adquirem a carga após sua formação na presença de um campo eletrostático intenso, formado entre o eletrodo de indução mantido em alta voltagem e o jato de gotas. O eletrodo de indução deve ser posicionado na região da borda do jato, onde as gotas se formam (Chaim, 2015).

A grande vantagem desse sistema de eletrificação é que o líquido no tanque de pulverização e as tubulações ficam submetidas à voltagem zero. Outra vantagem é que o sistema necessita de voltagens relativamente baixas para eletrificação das gotas. Entretanto, as gotas adquirem carga de sinal oposto ao eletrodo de indução e devido ao intenso campo eletrostático, elas são atraídas para esse dispositivo, provocando seu

molhamento ao ponto de escorrimento. Com o molhamento do eletrodo, o sistema pode entrar em colapso e a eletrificação ficar extremamente comprometida. Para resolver este problema, foram projetados bicos que utilizam corrente de ar para arrastar as gotas carregadas para longe da influência do eletrodo (Chaim, 2015).

Entretanto, o sucesso da pulverização eletrostática depende de soluções tecnológicas para que os pulverizadores formem gotas com tamanhos entre 30 e 80 μm de diâmetro e intensidade de carga superior a 4 microampères para cada mililitro de calda pulverizada por segundo (Nascimento et al., 2012; Chaim, 2015). Caso essas condições sejam atendidas, a pulverização eletrostática terá como benefício direto o aumento da eficiência de controle de pragas e doenças, devido a expressiva deposição de produtos na face inferior das folhas.

Assunção et al. (2020), objetivando avaliar o efeito da aplicação com gotas carregadas eletricamente utilizando dois volumes de calda (95 e 52 L ha^{-1}) sobre o depósito de calda nas folhas, bem como perdas de produto para o solo, na cultura do milho, obtiveram maiores depósitos no terço superior das plantas com pulverização eletrostática para os dois volumes de calda em comparação com pulverização convencional. Além disso, a eletrificação das gotas reduziu as perdas para o solo, independente do volume de aplicação.

Pascuzzi e Cerruto (2014) estudaram o efeito da aplicação de gotas carregadas eletricamente na deposição foliar em um vinhedo utilizando pulverizador eletrostático pneumático, sendo a aplicação realizada com baixo volume de calda e durante a fase de alta densidade foliar do vinhedo. Observaram que a deposição com eletrostático foi melhor no terço superior das plantas em comparação sem cargas elétricas, porém, não ocorreu efeito sobre a deposição na folhagem dentro da copa das plantas, no terço inferior. No entanto, as pequenas gotas produzidas pelo pulverizador são adequadas para proteção das uvas de mesa, uma vez que, não marcam as frutas, mantendo a qualidade do produto e seu valor comercial.

Martin e Latheef (2017), avaliando o depósito de calda fitossanitária recorrente de aplicação via área com bicos atomizadores rotativos e eletrostáticos em campo de algodão maduro, relatou que a deposição aumentou duas e três vezes nas faces adaxial

e abaxial das folhas, respectivamente, no terço superior das plantas com pulverização com gotas carregadas em comparação sem carga. Os autores ainda relataram, que a penetração das gotas no terço inferior do dossel das plantas não foi afetada pelo método de cargas elétricas, o que pode ser atribuído a alta densidade foliar do algodão maduro impedindo que as gotas atingissem o terço inferior das plantas.

Devido às gotas eletrificadas tenderem a se depositar nos lugares mais próximos ao jato de pulverização, quando as aplicações são realizadas em plantas com alta densidade de folhas, como é o caso da soja nos estádios reprodutivos (Santos, 2016), a eficiência da tecnologia de gotas carregadas eletricamente apenas se dará no dossel da cultura se jatos de ar (assistência de ar) auxiliarem o transporte das gotas carregadas para o interior do dossel das plantas.

2.2.2. A pulverização com assistência de ar

A tecnologia de pulverizadores assistidos por ar nas barras horizontais é usada há bastante tempo, com relatos de sua difusão ocorrer a partir da década de 80, com provável início em Israel, e logo em seguida, difundida pelo mundo, inclusive no Brasil (Robinson, 1993). A assistência de ar é utilizada no tratamento fitossanitário de culturas tanto em perenes arbóreas já desde a década de 1930, como em culturas anuais.

Os pulverizadores assistidos de ar possuem ventiladores, posicionados próximos à seção central da barra e acima dos bicos de pulverização, com a função de distribuir grande volume de ar em uma manga de lona inflada (Matthews, 2000), para culturas anuais. No entanto, com o aumento da distância do ventilador em relação a extremidade da barra, é necessário a diminuição na seção do ducto para compensar a perda na velocidade do ar. Assim, o ar é forçado a sair através das aberturas sob forma de “cortina de ar” (Raetano, 2011).

O fluxo de ar proveniente da assistência de ar melhora a penetração da calda fitossanitária pelo dossel da cultura, principalmente nos terços médio e inferior das

plantas (Matthews, 2000). Com isso, a cortina de ar junto à barra de pulverização é uma das ferramentas importantes da tecnologia no controle de insetos, doenças e plantas daninhas (Prado et al., 2010; Gimenes et al., 2012), diminuindo as reduções de produtividade por problemas fitossanitários.

Entretanto, o sucesso da utilização da assistência de ar depende de diversos fatores. Entre eles, da espécie a ser cultivada, do estágio de desenvolvimento e arquitetura das plantas, índice de área foliar, nível de infestação da praga, local onde se aloja o alvo, do tamanho de gotas, do vento e da umidade ambiente, além da cobertura de pulverização desejada. Outro fator relevante da técnica é a capacidade de se usar volumes de calda menores sem prejudicar o objetivo agrônomo, desde que a assistência seja adequada para aquela determinada situação (Piché et al., 2000).

O aumento do depósito e da cobertura superficial das aplicações, especialmente na face abaxial das folhas no interior do dossel das plantas, tem contribuído de forma positiva para o controle de insetos fitófagos como o pulgão em batata, a mosca branca em feijão e ácaros em plantas ornamentais. Em diversos trabalhos há relato do aumento de depósito e da uniformidade de distribuição dos produtos ao longo do perfil dos terços foliares em soja, com o uso de pulverização assistida de ar (Christovam et al., 2010; Raetano, 2011; Souza et al., 2019).

Scudeler e Raetano (2006) relataram que o uso de pulverização com assistência de ar proporcionou maior depósito de calda na superfície abaxial de folíolos na cultura da batata, em comparação à pulverização convencional. Resultado semelhante foi observado por Ade e Rondelli (2007), onde ocorreu 18% de incremento na deposição de calda na batata em campo com alta densidade foliar, com o uso de assistência de ar em comparação a aplicação sem esta tecnologia.

Cerqueira et al. (2017) avaliaram tecnologias de pulverização na deposição de calda e controle do ácaro rajado em crisântemo. Concluíram que a assistência de ar, com ou sem gotas carregadas eletricamente, melhorou a deposição e forneceu controle satisfatório do ácaro até 4 dias após a aplicação, em comparação com pulverização convencional.

Hislop et al. (1995) estudaram o depósito de calda utilizando pulverização com assistência de ar em diferentes velocidades de vento, aplicado em cereal maduro. Observaram que quantidades crescentes de assistência de ar melhoraram o depósito de calda nas plantas, especialmente no dossel superior da cultura.

O uso das tecnologias de assistência de ar mais gotas carregadas, proporcionou incremento de cobertura na cultura do algodão adensado 94 dias após semeadura, em relação a tecnologia convencional. Para as aplicações foi utilizado um pulverizador autopropelido, modelo Uniport 3000L desenvolvido pela Jacto S.A., com velocidade máxima do vento da assistência de ar, aproximadamente, e ponta de pulverização de energia hidráulica com carregamento de gotas por indução. Por outro lado, quando a aplicação ocorreu em espaçamento convencional, 42 dias após semeadura, a assistência e carregamento de gotas apresentaram cobertura menor do que a aplicação convencional (Serra et al., 2011).

O estudo realizado com alta densidade de folhas nas plantas, como o caso da brócolis, mostrou que a eficiência pode ser muito elevada se as gotas carregadas eletricamente forem transportadas por assistência de ar para o interior do dossel da cultura. No estudo, o pulverizador assistido de ar associado a eletrificação das gotas promoveu depósito 72% maior, quando comparada a pulverização convencional, e deposição 49% maior em relação a assistida por ar sem carga elétrica nas gotas (Electrostatic spraying systems, 2007).

O uso de pulverização assistida de ar associada a eletrificação das gotas, desde que estejam sendo usados adequadamente para determinada situação pensando na espécie cultivada, no desenvolvimento e arquitetura da planta, do índice de área foliar, e do alvo em questão, pode promover redução de deriva, maior penetração e uniformidade na distribuição das aplicações, menor efeito do vento ambiente durante as aplicações, consequentemente, maior eficiência de controle e redução da contaminação ambiental.

3. REFERÊNCIAS

Ade G, Rondelli V (2007) Performance of an air-assisted boom sprayer in the control of *Colorado beetle* infestation in potato crops. **Biosystems Engineering** 97:181-187.

Albergaria NMMS, Cividanes FJ (2002) Exigências térmicas de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology** 31:359-363.

Arvidsson T, Bergstrom L, Kreuger J (2011) Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. **Pest Management Science**, Chichester 67:586-598.

Assunção HHT, Cunha JPAR, Silva SM, Alves GS, Lemes EM (2020) Spray deposition on maize using an electrostatic sprayer. **Revista Engenharia Agrícola** 40:503-510.

Baesso MM, Teixeira MM, Ruas RAA, Baesso RCE (2014) Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres** 61:780-785.

Baldin ELL, Cruz PL, Morando R, Silva IF, Bentivenha JPF, Tozin LRS, Rodrigues TM (2017) Characterization of Antixenosis in Soybean Genotypes to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. **Journal of Economic Entomology** 110:1869-1876.

Bezerra ARG, Sediyaama T, Borém A, Soares MM (2015) Importância econômica. In: Sediyaama T, Borém, A, Soares MM (Eds.) **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa, p. 9-26.

Cerqueira DTR (2013) **Depósito da pulverização e controle de *Tetranychus urticae* Koch em crisântemo em corte com pulverizador assistido por ar e eletrostático**. 56 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unesp, Botucatu.

Cerqueira DTR, Raetano CG, Pogetto MHFAD, Carvalho MM, Prado EP, Costa SAI, Moreira CAF (2017) Optimization of spray deposition and *Tetranychus urticae* control with air assisted and electrostatic sprayer. **Scientia Agricola** 74:32-40.

Chaim A, Wadt LGR (2015) **Pulverização eletrostática: a revolução na aplicação de agrotóxicos – Portal Embrapa**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 4 p. (Embrapa-Meio Ambiente. Documentos 108).

Christovam RS, Raetano CG, Aguiar Junior HO, Dal-Pogetto MHFA, Prado EP, Gimenes MJ, Kunz VL (2010) Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia** 69:231-238.

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (2021) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 8 Safra 2020/21 – nono levantamento, Brasília, p. 1-121. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 24 Jun. 2021.

ELECTROSTATIC SPRAYING SYSTEMS (2007) INC. What Growers should know about Air assisted electrostatic spraying. ESS Articles. Watkinsville, GA.

Garlich N, Garcia GL, Oliveira AC, Santos KP, Pitelli RA, Ferreira MC, Cruz C (2020) Electrostatic spraying of imazamox to control the floating aquatic plant *Salvinia molesta* and its effects on environmental indicators of water quality. **Journal of Environmental**

Science and Health. Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes 55:18.

GiMENES MJ, Raetano CG, Dal Pogetto MHFA, Prado EP, Christovam RS, Costa SAI (2012) Air-assistance in spray booms which have different spray volumes and nozzle types for chemically controlling *Spodoptera frugiperda* on corn. **Journal of Plant Protection Research** 52:247-253.

Godoy CV, Seixas CDS, Soares RM, Marcelino-Guimarães FC, Meyer MC, Costamilan LM (2016) Asian soybean rust in Brazil: past, present and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51:407-421.

Gupta P, Sirohi NPS, Mishra IM (2012) Air flow characteristics of an air-assisted sprayer through horizontal crop canopy. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering** 5:1-6.

Hislop FC (1988) Electrostatic ground-rig spraying: an overview. **Weed Technology**, North Dakota 2:94-104.

Hislop EC, Western NM, Butler R (1995) Experimental air-assisted spraying of a maturing cereal crop under controlled conditions. **Crop Protection** 14:19-26.

Lima ACS, Lara FM (2004) Resistance of soybean genotypes to the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, Londrina 33:1-75.

Lopez V, Vos J, Polar P, Krauss U (2008) Discovery learning about sustainable management of whitefly pests and whitefly-borne viruses. **International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)** 1:12-37.

Martin DE, Latheef MA (2017) Aerial electrostatic spray deposition and canopy penetration in cotton. **Journal of Electrostatics** 90:38-44.

Matarazo FJ (2010) Pesticides & Adjuvants. Overview of the Market, legislation and challenges related to illegal use. **Crop World South America** (Oral presentation).

Matthews G, Bateman RPM (2014) **Pesticide Application Methods**. 4. ed. Wiley-Blackwell, p. 499.

Matthews GA (2000) **Pesticide application methods**. 3 ed. Blackwell Science, p. 432.

Matuo T (1990) **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 139 f.

Matuo T (2007) Importância e desenvolvimento da tecnologia de aplicação. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, Jaboticabal-SP, 2007. **Summa Phytopathologica**. Botucatu-SP, Grupo Paulista de Fitopatologia, v. 33, n. 1, suplemento, p. 113-117.

Minguela JV, Cunha JPAR (2010) **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa-MG: Aprenda Fácil Editora, p. 588.

Naranjo SE, Legg JP (2010) Biology and ecology of *Bemisia tabaci*. In: STANSLY PA, NARANJO SE (Eds). **Bemisia: bionomics and management of global pest**. Dordrecht: Springer, p. 105-107.

Nascimento AB, Oliveira MG, Balan MG, Higashibara LR, Abi Saab OJG (2012) Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias** 5:105-116.

Pascuzzi S, Cerruto E (2014) Spray deposition in “tendone” vineyards when using a pneumatic electrostatic sprayer. **Crop Protection** 68:1-11.

Piché M, Panneton B, Thériault R (2000) Field evaluation of Air-assisted boom spraying on broccoli and potato. **American Society of Agricultural Engineers – ASAE** 43:793-799.

Polston JE, De Barro P, Boykin LM (2014) Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. **Pest Management Science** 70:1547-1552.

Prado EP, Raetano CG, Aguiar Júnior HO, Dal Pogetto MHFA, Christovam RF, Gimenes MJ, Araújo D (2010) Velocidade do ar em barra de pulverização na deposição da calda fungicida, severidade da ferrugem asiática e produtividade da soja. **Summa Phytopathologica** 36:45-50.

Raetano CG (2011) Assistência de ar em pulverizadores de barras: interferências e potencial de uso no sistema de plantio direto. In: Antuniassi UA, Boller W (Eds.) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Botucatu: Fepaf, p.105-119.

Robinson TH (1993) Large scale ground-based application techniques. In: Matthews GA, Hislop EC (Eds) **Application technology for crop protection**. Wallingfor: CAB International, p. 163-186.

Santos ER (2016) **Parâmetros genéticos e obtenção de genótipos de soja com ausência de lipoxigenase e características agronômicas em baixas latitudes**. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UnB, Universidade de Brasília.

Sasaki RS, Teixeira MM, Santiago H, Madureira RP, Maciel CFM, Fernandes HC (2015) Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural** 45:508 279.

Scudeler F, Raetano CG (2006) Spray deposition and losses in potato as a function of air-assistance and sprayer boom angle. **Scientia Agricola** 63:515-521.

Serra ME (2007) **Deposição e eficiência da pulverização eletrostática no controle do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) na cultura do crisântemo**. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Unesp, Botucatu.

Serra ME (2011) **Pulverização eletrostática e assistência de ar no tratamento fitossanitário na cultura do algodoeiro**. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unesp, Botucatu.

Serra ME, Chaim A, Raetano CG (2008) Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de Crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília 43:479-485.

Silva AG, Boiça Junior AL, Souza BHS, Costa EM, Hoelher JS, Almeida MA, Santos LB (2014) Mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) em feijoeiro: Características gerais, bioecologia e métodos de controle. **EntomoBrasilis** 7:5-11.

Silva JBC. et al. **Cultivo de tomate para industrialização**. EMBRAPA, 2006. (Embrapa hortaliças, sistemas de produção, versão eletrônica 1-2ª ed.).

Souza AP, Vendramim JD (2001) Atividade inseticida de extratos aquosos de meliáceas sobre a mosca branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology** 30:133-137.

Souza DM, Raetano CG, Moreira CAF, Bueno RCOF, Carvalho MM (2019) Effects of News sowing arrangements and air assistance on fungicide spray distribution on soybean crop. **Acta Scientiarum** 41:1-7.

Suekane R, Degrande PE, Lima Junior IS, Queiroz MVBM, Rigoni ER (2013) Danos da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) e distribuição vertical das ninfas em cultivares de soja em casa de vegetação. **Arquivos do Instituto Biológico** 80:151-158.

Toscano LC, Boiça Junior AL, Martins GLM, Maruyama WI (2016) Biologia de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de tomateiro em duas épocas. **Revista de Agricultura Neotropical** 3:1-6.

Villas Bôas GL, Macedo FHN (2002) Potencial biótico da mosca-branca *Bemisia argentifolii* a diferentes plantas hospedeiras. **Horticultura Brasileira**, Brasília 20:71-79.

CAPÍTULO 2 – PULVERIZAÇÃO COM ASSISTÊNCIA DE AR E GOTAS CARREGADAS ELETRICAMENTE PARA CONTROLE DE *Bemisia tabaci* NA CULTURA DA SOJA

RESUMO – A melhoria de cobertura superficial e depósito de calda pode ser obtida com a eletrificação das gotas, as quais são fortemente atraídas pelas plantas, como as partes inferiores das folhas. Além disso, a assistência de ar melhora a penetração das gotas no dossel da cultura, principalmente no terço inferior das plantas. Essas tecnologias podem auxiliar no controle de mosca branca na soja (*Glycine max*), que tem como preferência se alojar na face abaxial das folhas. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da pulverização com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente no controle de mosca branca na soja. Os experimentos foram conduzidos durante as safras 2019/20 e 2020/21 utilizando de aplicação com pulverizador costal motorizado assistido de ar e com gotas carregadas eletricamente, sendo realizada a pulverização: 1. sem assistência de ar e sem carga elétrica (convencional); 2. assistida de ar; 3. com gotas carregadas eletricamente; 4. com gotas carregadas eletricamente e assistência de ar; 5. tratamento sem aplicação (testemunha não tratada). Foi avaliado o tamanho de gotas em laboratório. Em campo foram avaliados: o tamanho de gotas, a cobertura em papel hidrossensível, depósito de calda em acetato fixado nos folíolos das plantas, número de ninfas/folíolo e a produtividade da cultura. A eletrificação das gotas e assistência de ar não alterou o tamanho e a uniformidade das gotas classificadas como: fina. A cobertura superficial não apresentou incremento com o uso de assistência de ar e gotas carregadas eletricamente. Para o depósito de calda, os resultados não se mostraram significativos. Na safra 2019/20, o número de ninfas por folíolo foi reduzido com as tecnologias utilizadas, porém não suficiente para diferir da testemunha. Já para a safra 2020/21, a redução foi significativa desde a primeira avaliação. Conclui-se que a pulverização com assistência de ar mais gotas carregadas eletricamente não alterou o controle de mosca branca e produtividade da soja em relação à aplicação convencional.

Palavras-chaves: Carga elétrica, assistida de ar, mosca branca, *Glycine max*, tamanho de gotas.

SPRAYING WITH AIR ASSISTANCE AND ELECTRICALLY CHARGED DROPS TO CONTROLE *Bemisia tabaci* IN SOYBEAN CROPS

ABSTRACT – Improved surface coverage and tank-mixture deposit can be achieved by electrifying droplets, which are strongly attracted to plants, such as the undersides of leaves. In addition, air assistance improves droplet penetration into the crop canopy, especially in the lower third of plants. These technologies can help control the whitefly in soybeans (*Glycine max*), which prefer to lodge on the abaxial surface of leaves. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of assisted air spraying and with electrically charged droplets on the control of whitefly in soybean. The experiments were conducted during the 2019/20 and 2020/21 seasons using an air-assisted motorized costal sprayer with electrically charged drops, spraying being carried out: 1. without air assistance and without electrical charge (conventional); 2. assisted air; 3. with electrically charged drops; 4. with electrically charged drops and air assist; 5. treatment without application (untreated control). Droplet size was evaluated in the laboratory. In the field, the following were evaluated: droplet size, hydrosensitive paper cover, tank-mixture deposit in acetate fixed on plant leaflets, number of nymphs/leaflet and crop productivity. Droplet electrification and air assistance did not change the size and uniformity of droplets classified as: fine. Surface coverage did not increase with the use of air assistance and electrically charged drops. For the tank-mixture, the results were not significant. In the 2019/20 harvest, the number of nymphs per leaflet was reduced with the technologies used, but not enough to differ from the control. For the 2020/21 harvest, the reduction was significant since the first evaluation. It was concluded that spraying with air assistance plus electrically charged droplets did not change whitefly control and soybean productivity compared to conventional application.

Keywords: Electric charge, air assist, whitefly, droplet size.

1. INTRODUÇÃO

A mosca branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), é uma das pragas agrícolas mundialmente importante, por ser uma das mais invasivas e agressivas, principalmente pela transmissão de vírus (Polston et al., 2014). O complexo de mosca branca tem chamado a atenção pela alta capacidade de adaptação a condições climáticas, por ser muito prolífica e possuir inúmeros hospedeiros, facilidade de disseminação, além disso por se localizar preferencialmente na face abaxial das folhas e as ninfas nos terços médios e inferiores. No Brasil, o inseto tem causado grandes prejuízos nas principais culturas, como no caso da soja (Stansly e Naranjo, 2009).

É um inseto vetor de transmissão do vírus da necrose-da-haste na soja, *Cowpea mild mottle vírus* – CpMMV, pertencente ao gênero Carlavirus (Lopez et al., 2008). O vírus faz com que a haste das plantas fique necrosada e, com a evolução da doença a planta pode sofrer danos severas até a morte. Não existem possibilidades de controle desse vírus e cura de plantas já infectadas. Por esta razão, o manejo integrado da praga é a solução mais responsiva e cabível (Wang e Yang, 2017).

Os inseticidas químicos, principal forma de controle da mosca branca, são aplicados em área total com pulverizadores convencionais. Porém, esse tipo de pulverização apresenta dificuldade em depositar as gotas na face abaxial das folhas, local este onde o inseto permanece preferencialmente (Baldin et al., 2017). Com isso, a eficiência de controle é reduzida e há favorecimento à seleção de insetos resistentes aos ingredientes ativos (Bedin et al., 2015). Neste contexto, se faz necessário buscar novas ou adequar tecnologias de aplicação que proporcionem maior cobertura de calda na parte inferior da planta distribuída ao longo do dossel da cultura.

As pontas de pulverização de energia hidráulica (pressurizadas) produzem gotas de diversos tamanhos, desuniformes e sujeitas à deriva. A tecnologia de pulverização eletrostática é uma ferramenta que pode auxiliar no incremento de depósito de calda na face abaxial das folhas. No caso de pontas hidráulicas, as gotas são formadas por energia

hidráulica (pressurização) e a eletrificação se dá nas gotas já formadas, pelo processo conhecido por indução com eletrificação indireta (Chaim, 2015). As gotas com cargas são capazes de fazer curvas no ar, dependendo da massa e da carga elétrica, repelindo-se entre si e sendo atraídas para todas as direções da superfície vegetal, inclusive face inferior, devido ao campo elétrico gerado pelas cargas transferidas ao líquido e as cargas presentes na planta (Matthews et al., 2014; Chaim, 2015).

A eficiência da pulverização com gotas carregadas eletricamente, depende de soluções técnicas que gerem gotas finas ou muito finas, entre 30 e 80 μm . No caso de plantas que apresentem alta densidade foliar, a eficiência do sistema dependerá da assistência de ar para transportar as gotas para o interior do dossel da cultura. (Chaim, 2015).

A pulverização assistida de ar produz um jato de ar, por meio de um ventilador acoplado ao equipamento, fazendo com que as gotas que possuem os ingredientes ativos sejam direcionadas e transportadas para o alvo, com possível redução de deriva e incremento do depósito de gotas no interior do dossel das plantas, devido ao fluxo de ar gerado pelo ventilador poder abrir o dossel da cultura (Gupta, 2012).

O uso de pulverização com gotas carregadas eletricamente com assistência de ar junto à barra de pulverização pode melhorar o depósito e a cobertura de aplicação nas partes da planta onde não são atingidos pelo processo de pulverização convencional ou simplesmente pelo carregamento elétrico das gotas. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da pulverização com gotas carregadas eletricamente e com assistência de ar no controle de mosca branca na cultura da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos durante as safras 2019/20 e 2020/21, em latitude 21°14'2" Sul, longitude 48°17'18" Oeste (Jaboticabal/SP – Brasil).

Foram analisadas as características físicas e químicas da calda inseticida mais fungicida, descrita a seguir: inseticida de contato e translaminar piriproxifem (Tiger® 100 EC 100 g i.a. L⁻¹, formulação EC, Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda.) na dosagem 250 mL ha⁻¹ para o controle de ninfas de mosca branca, mais fungicida protetor oxiclureto de cobre (Difere® 588 g i.a. L⁻¹, formulação SC, Oxiquímica Agrociência Ltda.) na dosagem 1,0 L ha⁻¹. Neste caso, o oxiclureto de cobre foi utilizado para análise de depósito de calda fitossanitária após a aplicação. Foram utilizados inseticida mais fungicida para representar as aplicações que comumente ocorrem em campo.

Posteriormente, foram realizadas avaliações de cobertura superficial e tamanho de gotas em papel hidrossensível, e depósito de calda fitossanitária, apenas na primeira aplicação das safras. Além disso, avaliações de controle de mosca branca e produtividade da cultura da soja.

2. 1. Caracterização da calda fitossanitária

A avaliação de estabilidade e compatibilidade física entre a mistura de produtos fitossanitários foi baseada na metodologia da NBR 13875 (Agrotóxico – Avaliação de compatibilidade físico-química) (ABNT, 2014). Foram realizadas cinco repetições para o tratamento.

O preparo da calda foi realizado com o reagente água-padrão com dureza total de 20 mg.kg⁻¹ em equivalente de CaCO₃, preparado conforme a NBR 13074 (ABNT, 1997). Os produtos foram adicionados nas concentrações recomendadas nas respectivas bulas. Para o preparo da mistura foi utilizada proveta graduada de 250 mL com tampa; peneira de tecido metálico com abertura nominal de 149 µm (malha 100 mesh), conforme a NBR NM-Isso 3310-1 (ABNT, 2010); e pipeta graduada. Posteriormente, a proveta foi tampada e invertida 10 vezes para boa homogeneização da calda fitossanitária.

As avaliações de compatibilidade física da calda foram realizadas nos seguintes intervalos: separação imediata após a mistura (0) e após 2, 6 e 24 horas em período de

repouso. Foram observados os possíveis efeitos das interações entre os produtos quanto a homogeneidade/heterogeneidade, sendo: floculação; sedimentação; separação de fases; suspensão de óleo; formação de grumos; formação de cristais; formação de creme e formação de espuma (ABNT, 2014).

As avaliações de condutividade elétrica (condutivímetro de bancada Marte® MP-11P) e de potencial hidrogeniônico (pH) (peagâmetro de bancada Quimis® Q400RS) foram realizadas por meio da inserção de sensores na calda presente na proveta de 250 mL.

Para as avaliações de tensão superficial e ângulo de contato foi utilizado um tensiômetro automático, modelo OCA-15Plus da Dataphysics Germany, equipado com câmera digital de alta velocidade e o software SCA20® para automatização e processamento das imagens obtidos em um computador. A calda fitossanitária foi preparada com água da rede de abastecimento, com cinco repetições para a única mistura utilizada. Neste equipamento, a tensão foi determinada pelo método da gota pendente, onde o cálculo é realizado com base na equação de Yang-Laplace, em função da deformação das gotas emitidas em cada amostragem (Ferreira et al., 2013).

Para a avaliação do ângulo de contato as gotas foram depositadas sobre uma superfície artificial padrão (Parafilm®). Lâminas com as dimensões de 1 x 10 cm foram fixadas em um suporte e, a partir do momento do depósito da gota, o ângulo de contato foi registrado a cada segundo no decorrer de 60 segundos. Para efeito de caracterização da calda foi padronizado como valor útil de tensão e ângulo aos 10 segundos, uma vez que a partir desse ponto os valores se comportam de maneira estável.

O espectro do diâmetro de gotas produzidas pelas técnicas de aplicação com a calda foi determinado em analisador de tamanho de partículas Mastersizer S® (Malvern Instruments Co.), versão 2.19. Neste equipamento uma unidade óptica determina o diâmetro das gotas dentro do espectro pulverizado, através do desvio de trajetória sofrido pelo laser ao atingi-las (Calore et al., 2015). A pulverização foi acionada com pulverizador costal motorizado com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente e mantida a pressão de 55,0 psi. Assim, o jato de calda atravessou transversalmente o feixe de laser e as leituras de 10, 50 e 90% do volume pulverizado foram medidas e representadas por

valores de $D_{V0,1}$, $D_{V0,5}$ e $D_{V0,9}$. Além disso, foram realizadas leituras de coeficiente de uniformidade (Span). Essas variáveis foram mensuradas com: 1. pulverização convencional; 2. pulverização com assistência de ar; 3. pulverização com gotas carregadas eletricamente e 4. pulverização com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente, para efeito de comparação.

$$SPAN = (DV09 - DV01)/DV05.$$

Para classificar a ponta testada em relação ao seu tamanho de gotas, seguiu-se a metodologia de tamanho de gotas padrão da ASABE (2013) em que pontas de referência foram utilizadas com água em mistura com adjuvante surfactante a 0,1% (v/v), adjuvante TA35 (Inquima, Cambé, PR, Brasil).

2.2. Avaliação da aplicação com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente

A localidade experimental possui altitude aproximada de 590 metros em clima Cwa, segundo classificação de Koppen (Koppen e Geiger, 1928). A primeira safra foi conduzida em 2019/20, onde a precipitação total, a temperatura média e a umidade relativa média foram 681,4 mm, 23,8 °C e 77,2%, respectivamente. Para a segunda safra, conduzida em 2020/21, os dados foram 561,0 mm, 24,2 °C e 75,5%, respectivamente. Para ambas as safras os dados foram coletados entre dezembro e março, período em que foram conduzidas.

Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho, foram extraídos de um conjunto pertencente ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas. As observações feitas na Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal são cotadas, digitadas em formato padronizado, realizada a consistência e controle de qualidade. Em seguida são obtidas as médias diárias, mensais e anuais.

Para obtenção das plantas, foram utilizadas sementes de soja da cultivar 95R95IPRO - Pioneer®, de ciclo precoce, previamente tratadas com fungicida e inseticida Standak® Top, de acordo com recomendações constantes no rótulo do produto, em

ambos os experimentos. O controle de plantas daninhas e a adubação de base foram realizados conforme indicação técnica para a cultura. A infestação de mosca branca em campo ocorreu de forma natural.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso contendo 4 formas de aplicação com pulverizador costal motorizado assistido de ar e gotas carregadas eletricamente mais testemunha, sendo: 1. pulverização sem assistência de ar e sem carga elétrica (convencional); 2. pulverização assistida de ar; 3. pulverização com gotas carregadas eletricamente; 4. pulverização com gotas carregadas eletricamente e assistência de ar; e 5. tratamento sem aplicação (testemunha não tratada). A velocidade do vento do pulverizador foi única e aferida por meio de anemômetro digital ($21,6 \text{ km h}^{-1}$). Cada parcela experimental foi constituída de 5 linhas de 10 metros de comprimento cada com espaçamento de 0,45 m entre linhas ($22,5 \text{ m}^2$). Cada tratamento foi constituído por 4 parcelas experimentais.

Para o controle de mosca branca foram realizadas duas aplicações durante condução da primeira safra. A primeira aplicação foi realizada no estágio fenológico R1 (50 dias após a emergência) das plantas, devido ao nível de ação sugerido para o manejo de mosca branca ser de 10 ninfas por folíolo (Bortolotto et al., 2015). A segunda aplicação da primeira safra foi realizada 15 dias após a primeira, em estágio R3 (65 dias após a emergência) das plantas. Na segunda safra foi realizada apenas uma aplicação no estágio R1 (50 dias após a emergência) das plantas, devido a cultura não atingir o nível de ação sugerido. Portanto, a aplicação na segunda safra foi basicamente para efeito de estudo dos parâmetros cobertura superficial e depósito de calda, mesmo assim, os demais parâmetros foram analisados.

As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal motorizado desenvolvido por Aldemir Chaim da Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna/SP, montado em quadriciclo (Honda® 4x4 Fourtrax Fuel Injection) (Figura 1A). Uma barra contendo uma ponta de pulverização modelo TXA80015VK (TEEJET, 2020) a 55,0 psi, produzindo gotas finas, foi acoplada ao pulverizador equipado com fonte de alta tensão de 7 kV (Figura 1B) e com ventilador acima do bico, alimentados pela bateria de 12 V do quadriciclo. As cargas elétricas geradas pela fonte de alta tensão atingem um anel

condutor de corrente elétrica, este anel foi acoplado ao redor da ponta de pulverização (eletrodo de indução) (Figura 1C). As gotas ao passarem por este anel ficam eletricamente carregadas, enquanto o ventilador ligado direciona as gotas para o dossel da cultura (Figura 1D). Os tratamentos foram aplicados com o mesmo pulverizador, para isso os sistemas de assistência de ar e carregamento elétrico de gotas foram ligados e desligados para cada técnica de aplicação.

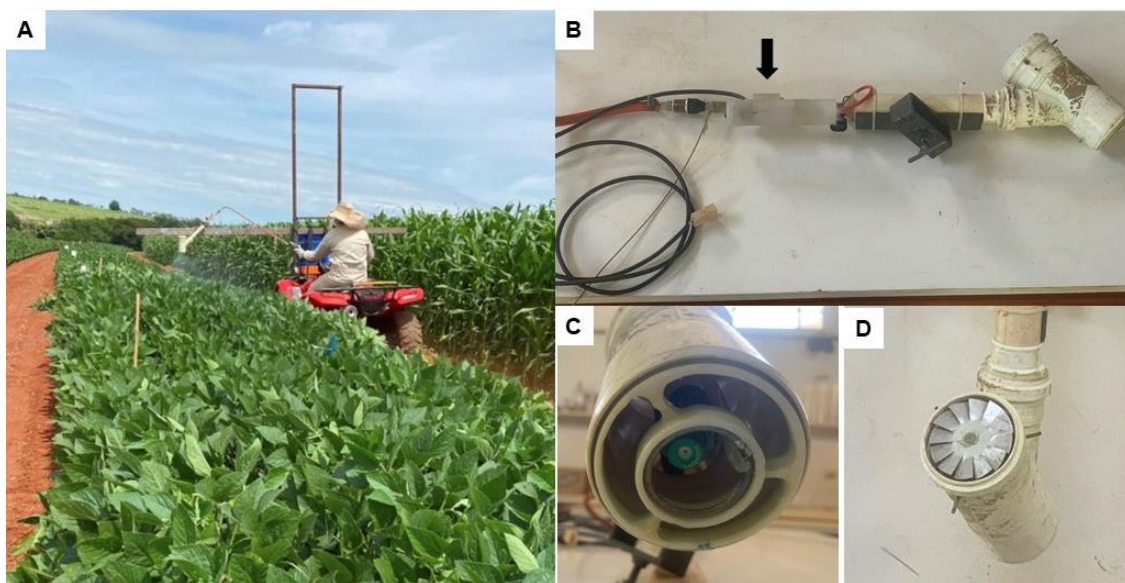


Figura 1. Aplicação realizada com pulverizador costal motorizado com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente (A). Pulverizador equipado com fonte de alta tensão 6 kV (B), ponta de pulverizador com anel condutor de corrente elétrica (eletrodo de indução) (C) e sistema de assistência de ar (D).

As aplicações foram realizadas com volume de 56 L ha^{-1} e velocidade de 14 km h^{-1} . As condições meteorológicas foram monitoradas por termo-higrômetro e anemômetro digital (Tabela 1). A calda fitossanitária utilizada está descrita no item 2.

Tabela 1. Condições meteorológicas no momento das aplicações realizadas nas safras 2019/20 e 2020/21 na cultura da soja. Jaboticabal – SP.

Safr	Momento (DAE ¹)	Tratamento	Temp. ² (°C)	U.R. ³ (%)	Vento ⁴ (km h ⁻¹)
2019/20	50	1	31,9	76,0	2,3
		2	32,7	74,1	1,9
		3	33,4	74,2	2,4
		4	33,6	71,0	1,2
2019/20	65	1	27,4	82,2	1,4
		2	26,8	83,0	2,1
		3	25,7	85,1	1,5
		4	25,1	85,8	2,5
2020/21	50	1	30,8	57,1	2,3
		2	32,4	56,5	4,1
		3	33,7	55,2	3,0
		4	34,4	51,3	2,6

¹DAE = dias após emergência da cultura; ²Temp. = temperatura; ³U.R. = umidade relativa; ⁴Vento = velocidade média do vento. Tratamento 1 = convencional; 2 = assistência de ar; 3 = gotas carregadas eletricamente; 4 = assistência de ar + gotas carregadas eletricamente.

As avaliações durante condução dos experimentos foram: cobertura superficial e tamanho de gotas em papel hidrossensível, e depósito de calda fitossanitária, realizadas apenas na primeira aplicação dos experimentos. Além disso, foram realizadas avaliações de controle de mosca branca e produtividade da cultura da soja.

Papeis hidrossensíveis (76X26 mm Syngenta, SYN7626) para determinação da cobertura superficial e tamanho de gotas, e folhas de acetato (5x2,5 mm, PV CRISTAL – 0,15 µm) para determinação do depósito de calda, foram predispostos nos terços superior, médio e inferior da soja, sendo fixados nas folhas em dois pontos de cada parcela experimental, na linha central e dentro de 6 metros de comprimento. Para o depósito, os acetatos foram colocados tanto na parte adaxial como na abaxial das folhas. Para a cobertura e tamanho de gotas, os papéis foram colocados apenas na parte adaxial das folhas, devido à dificuldade de leitura pelos softwares de gotas com diâmetros menores que 80 µm (Salyani et al., 2013), sendo que essas são as que mais atingem a face abaxial. Logo após as aplicações, os papéis hidrossensíveis foram levados ao

laboratório para serem digitalizados por escâner de mesa, possibilitando a quantificação do percentual de área coberta pelas gotas em relação a área total do papel e o tamanho de gotas representado pelo diâmetro de gotas (μm) em que 10, 50 e 90% do volume pulverizado foi medido e representado por valores de D_{V01} , D_{V05} e D_{V09} com auxílio do software Gotas (Chaim et al., 2006).

Os acetatos coletores representam o que ocorreu com o depósito de calda nas folhas, uma vez que não seria possível separar a calda que chegou na parte adaxial da parte abaxial. A quantificação de produto depositado foi realizada pelo método descrito por Oliveira e Machado-Neto (2003). Os acetatos foram acondicionados em saco de plástico e posteriormente adicionado uma solução 0,2N de HCl (50 mL) para extração do cobre (oxicloreto cobre) presente no Difere® e assim mantidos por 60 minutos em repouso para extração do elemento da superfície dos acetatos. Em seguida, as amostras foram filtradas e, com a curva de calibração obtida por meio de soluções-padrão, foram analisadas utilizando um espectrofotômetro de absorção atômica (Thermo científico, iCE 3000 Series), obtendo-se a concentração de íon de cobre presente na solução. As concentrações obtidas nas leituras do espectrofotômetro foram correlacionadas às áreas do acetato, resultando na quantidade de Cu^{+2} expressa em $\mu\text{g cm}^{-2}$.

Para a quantificação exata do quanto é possível extrair de Cu^{+2} da folha de acetato transparente, foi realizado o teste de recuperação do íon no acetato, anteriormente a aplicação em campo. Foi verificado que 92,72% de cobre é recuperado durante a extração em laboratório, por tanto, os resultados de depósito de calda fitossanitária foram corrigidos para 100% para efeito de comparação.

O monitoramento prévio, considerado nas safras, foi realizado no dia anterior a primeira aplicação. Na safra 2019/20 foram realizadas contagens de ninfas do inseto após 3, 7, 14, 21 e 28 dias a primeira aplicação, sendo que um dia após a sétima contagem foi realizada a segunda aplicação. Na safra 2020/21 foram realizadas contagens após 3, 7, 14 e 21 dias após a primeira aplicação. Procedeu-se a contagem de ninfas por trifolíolo no terço médio das plantas, chegando ao número de ninfas/folíolo nas plantas da soja, com auxílio de lupa de bolsa (aumento de 20x). Para a contagem

foram utilizados 10 folíolos de soja coletados de forma aleatória na linha central das parcelas, dentro de 6 metros (Barbosa et al., 2002).

Para avaliação da produtividade a soja foi colhida manualmente em plena maturação, considerando a linha central e 3 metros de comprimento dentro de cada parcela. A produção de grãos foi acondicionada em sacos de papel previamente identificados e levados para o laboratório para pesagem. A umidade dos grãos foi determinada por um medidor de umidade de grãos G650i (Gehaka®) e os dados de pesagem de cada parcela foram corrigidos para 13%. Posteriormente, os valores corrigidos foram transformados para produtividade em kg ha⁻¹, sendo considerado 19 plantas por metro.

2.3. Análise estatística

Os dados obtidos foram transformados em $\sqrt{(X + K)}$, onde X são os dados e $K = 1$, e foram submetidos aos testes de normalidade dos erros (Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (Levene), ambos a nível de 5% de significância. Os resultados de tamanho de gotas no laser, cobertura superficial, depósito de calda fitossanitária, tamanho de gotas em papel hidrossensível e produtividade foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Além disso, o número de ninfas/folíolo foi submetido à análise de medidas repetidas no tempo e um fator longitudinal (os dias de contagem). O delineamento experimental para do tamanho de gotas no laser foi inteiramente ao acaso, para os demais foi em blocos ao acaso. O software utilizado para realização da estatística foi o R Development Core Team (2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Estabilidade físico-química da calda

Na avaliação de estabilidade física, foi observado algum tipo de incompatibilidade em todos os horários avaliados. A sedimentação ocorreu para os quatro horários observados. Entretanto, ocorreu redispersão avaliação imediata após a mistura (0). A formação de creme ocorreu para todas as observações realizadas, enquanto a formação de cristais ocorreu apenas para 0, 6 e 24 horas após preparo (HAP).

A mistura em tanque de diferenças formulações de produtos fitossanitários no campo é recorrente, por visar a otimização de recursos financeiros e operacionais. Porém, é necessário estudar possíveis implicações físicas e químicas que esta prática pode trazer para a qualidade e eficiência dos tratamentos fitossanitários na agricultura. As alterações das caldas provenientes da mistura de produtos podem resultar na separação de fases e complexação com possível formação de aglomerados e precipitados, com efeito no desempenho dos produtos (Silva et., 2007; Della Vechia et al., 2017). Quando isto ocorre pode ocasionar o entupimento de bicos e filtros de pulverização, resultando em dificuldades durante as aplicações com excessivas paradas para desentupimento.

Neste trabalho, não ocorreu entupimento de bicos e filtros, conseqüentemente não ocorreram paradas para desentupimento. Além disso, não foi observado presença de produto no fundo do tanque no término da pulverização. Esse resultado evidencia a importância da agitação da calda dentro do tanque de pulverização, após ser observado que no momento de preparo de calda (0 HAP) ocorreu sedimentação e redispersão.

Para as características químicas da calda, foram observados comportamentos similares nas avaliações durante os tempos para o pH, apresentando valores próximos à neutralidade (7,0). O pH no momento do preparo da calda foi de 6,33, após 2 HAP ocorreu aumento do valor (6,93). Para a avaliação de 6 HAP o pH reduziu para 6,33, novamente, e em 24 HAP foi de 6,29. Para a condutividade elétrica, a calda apresentou menores valores nos tempos 0 (215,9) e 6 HAP (207,4), correspondendo aos menores valores de

pH. Na avaliação de 2 HAP ocorreu aumento da condutividade (222,0), assim como na avaliação de 24 HAP (233,9).

O pH da calda geralmente está associado à incompatibilidade entre produtos. Evidência da ocorrência desse processo é a formação de precipitados ou grumos dentro do tanque do pulverizador, que normalmente param nos filtros, obstruindo-os e resultado em ineficiência do tratamento fitossanitário. O pH da calda no momento da aplicação, assim que foi preparada, manteve-se próximo da faixa esperada para atuação de inseticidas, o qual varia de 3,5 a 6,0 (Petroff, 2005).

O estudo do pH e condutividade elétrica são necessários, devido a influência que exercem no resultado da aplicação, levando em consideração que podem acelerar a degradação dos produtos utilizados (Kissmann, 1997). A condutividade elétrica dos inseticidas pode ser alterada pela mistura de produtos no tanque, o que pode alterar a eficácia biológica dos produtos fitossanitários. O mesmo ocorre com o pH, que influencia a absorção das moléculas pelos tecidos vegetais (Cunha et al., 2017).

3.2. Tensão superficial e ângulo de contato

A mistura entre o inseticida e o fungicida apresentou valor de 31,90 mN.m⁻¹ e 56,61° para tensão superficial e ângulo de contato, respectivamente. A água, componente predominante na calda de pulverização, possui elevada tensão superficial e elevado ângulo de contato, o que implica em espalhamento reduzido das gotas quando depositadas sobre as plantas (Decaro Junior et al., 2014). Os valores de tensão e ângulo para água da rede de abastecimento (utilizada durante as aplicações) foram de 69,28 mN.m⁻¹ e 114,54°, respectivamente. Portanto, a mistura dos produtos reduziu em praticamente metade a tensão e o ângulo da água, melhorando o espalhamento das gotas sobre as plantas.

3.3. Tamanho de gotas em laboratório

As condições ambientais durante a realização do ensaio foram de 23 °C de temperatura média, 53% de umidade relativa, e ausência de vento e luminosidade externa, uma vez que as análises foram realizadas com ausência de luz.

As técnicas de aplicação não produziram gotas de tamanhos diferentes com o uso da mesma ponta de pulverização, em nenhum dos parâmetros estudados ($D_{v0,9}$, $D_{v0,5}$ e $D_{v0,1}$). O $D_{v0,9}$ representa o diâmetro de gota cujo 90% do volume total da amostra é de gotas menores que ela (μm). Neste caso, os valores das aplicações ficaram entre 230 e 237 μm . Para o $D_{v0,5}$, ou diâmetro médio volumétrico (DMV), que representa o diâmetro da gota cujo 50% do volume da amostra é de gotas menores que ela, os valores ficaram entre 131 e 136 μm . E para o $D_{v0,1}$, que representa o diâmetro da gota cujo 10% do volume é de gotas menores que ela, os valores foram 68,38; 70,49; 67,43 e 70,96 μm para aplicação convencional, assistência de ar, gotas carregadas eletricamente e assistência de ar mais gotas carregadas, respectivamente.

O coeficiente de uniformidade (Span) é um valor que representa a distribuição do espectro de gotas, quanto mais próximo de 1,0 mais uniforme é o espectro. O maior Span foi proporcionado pela aplicação com gotas carregadas (1,24), seguido das gotas carregadas mais assistência (1,23), posteriormente foi a assistência de ar (1,22) e menor valor para aplicação convencional (1,19). Porém, essas diferenças não foram estaticamente significativas.

Analizando os resultados de tamanho de gotas (Figura 2) usados para a classificação, de acordo com a metodologia da ASABE (2013) é possível observar que todas as técnicas de aplicação utilizadas com a ponta TXA80015VK apresentaram classificação de gotas finas (F), sendo considerado o $D_{v0,5}$ para essa metodologia.

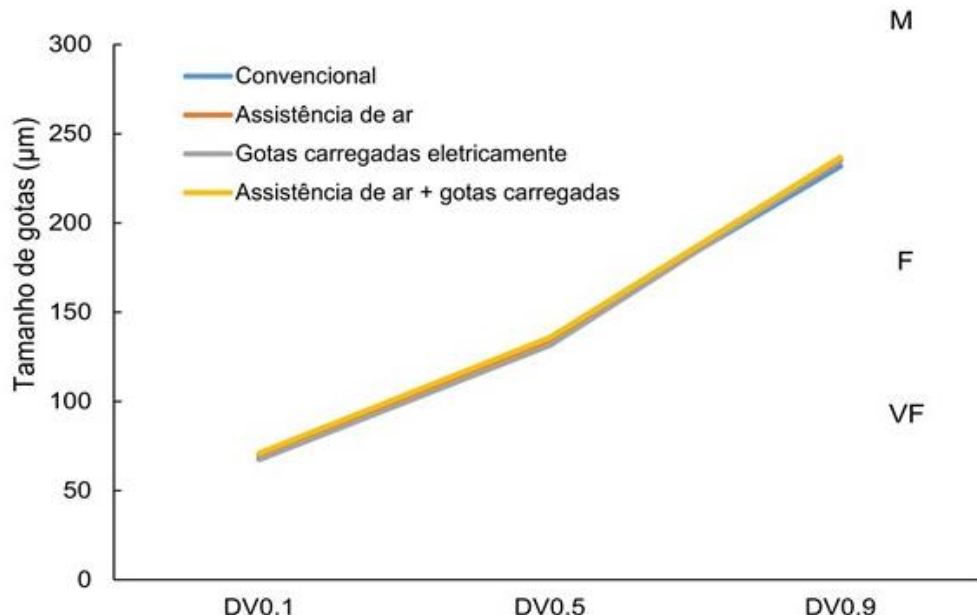


Figura 2. Tamanho de gotas em μm ($D_{V0,9}$, $D_{V0,5}$ e $D_{V0,1}$) analisado no Laser em função das tecnologias de aplicação. VF = gotas muito finas, F = gotas finas e M = gotas médias.

O tamanho de gotas é um dos fatores determinantes para o controle eficaz de problemas fitossanitários. Para isso, é recomendado que as gotas providas das pulverizações sejam suficientemente grandes para não se perderem por evaporação e deriva, e pequenas o suficiente para fornecerem uma boa cobertura do alvo (Nascimento et al., 2012).

Em condições de temperatura de 30°C e umidade relativa de 50%, uma gota de $200\ \mu\text{m}$ demoraria 65 segundos para se evaporar, enquanto nas mesmas condições, uma gota de $50\ \mu\text{m}$ duraria 4 segundos. Isso ocorre devido a relação cúbica existente entre tamanho e quantidade gotas. Porém, bicos que produzem gotas homogêneas de $200\ \mu\text{m}$ não são funcionais para a pulverização com gotas carregadas, uma vez que a força da gravidade é maior que a proporcionada por carregamento elétrico (Chaim et al., 2015).

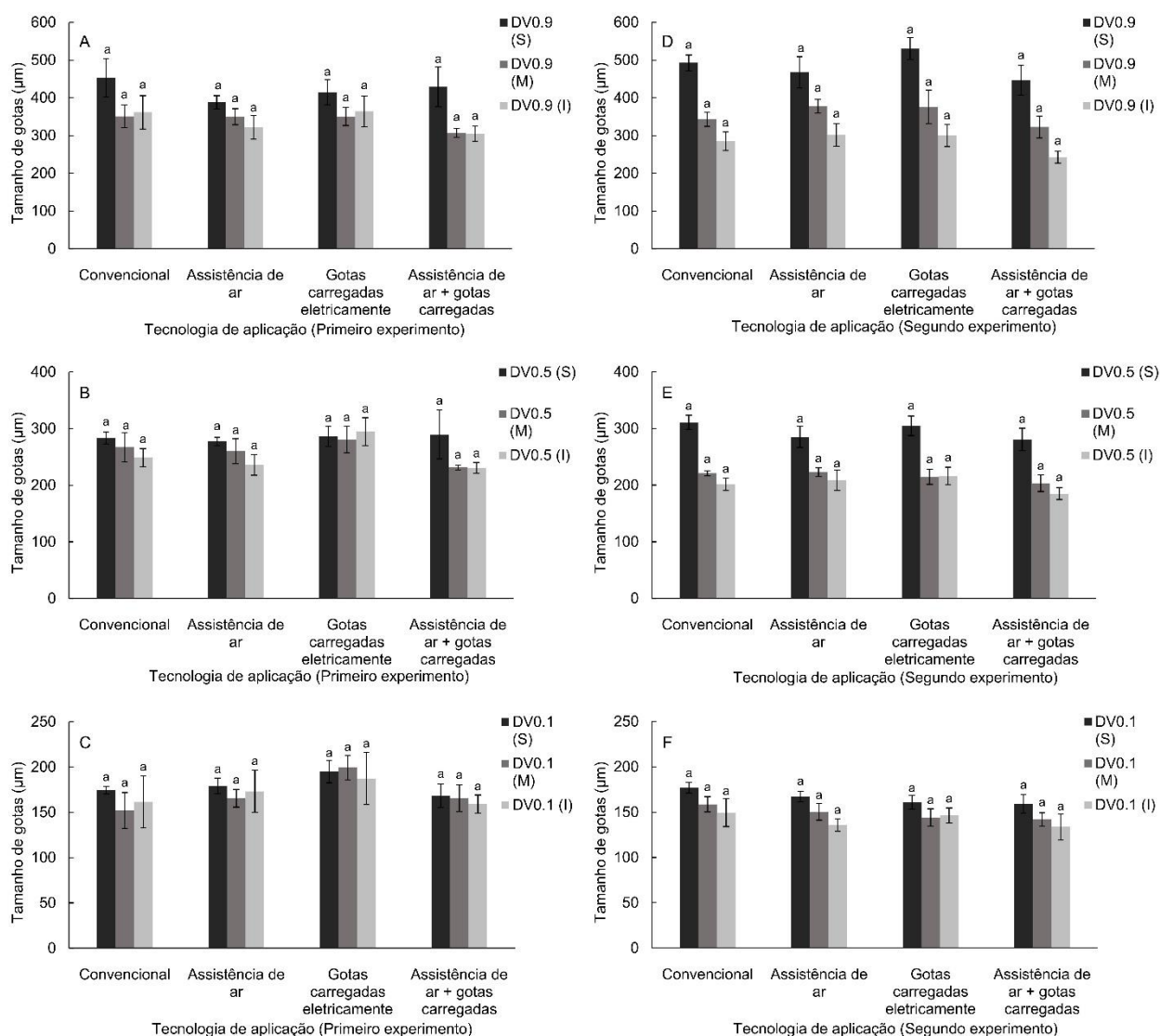
Para aproveitamento dos benefícios e da eficiência de deposição de gotas carregadas eletricamente, o tamanho adequado das gotas deve situar-se entre 30 e $80\ \mu\text{m}$, podendo assim, reduzir as perdas por evaporação de gotas pequenas (Chaim et al., 2015). Nesse estudo, a ponta de pulverização utilizada formou apenas 10% do volume de calda gotas

menores que 80 μm , que são as gotas com potencial de se depositarem ao serem carregadas. Estudos posteriores que considerem maior porcentagem de volume em gotas menores que 80 μm podem ser sugeridos, tanto para avaliar a cobertura do alvo, considerando aplicação com gotas com cargas elétricas, como o risco de deriva.

O uso de assistência de ar e de eletrificação das gotas após suas formações, por energia hidráulica, não alteraram o espectro de gotas em relação ao tratamento sem assistência e sem carregamento (convencional). Consequentemente, não foram alterados o Span e a classificação de gotas (finas).

3.4. Tamanho de gotas no papel hidrossensível

Os resultados de tamanho de gotas no papel hidrossensível, para cada técnica de aplicação, estão disponíveis na Figura 3A, B e C para a primeira safra e na Figura 3D, E e F para a segunda safra. As técnicas de aplicação não produziram gotas de tamanho variados dentro de cada terço analisado e nem para $D_{V0,9}$; $D_{V0,5}$ e $D_{V0,1}$, em ambas as safras. Os valores de $D_{V0,9}$ ficaram entre 243,1 e 531,0 μm . Para o $D_{V0,5}$ os variaram de 185,1 a 310,9 μm . E para o $D_{V0,1}$ os valores ficaram entre 133,2 e 194,8 μm .



*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos dentro de cada terço e cada D_v avaliados. Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Figura 3. Tamanho de gotas em μm analisado no Programa Gotas em função das tecnologias de aplicação, nos terços superior (S), médio (M) e inferior (I), sendo $D_{v0,9}$ (A), $D_{v0,5}$ (B), $D_{v0,1}$ (C) para o primeiro experimento (safra 2019/20) e $D_{v0,9}$ (D), $D_{v0,5}$ (E), $D_{v0,1}$ (F) para o segundo experimento (safra 2020/21).

O tamanho de gotas analisado em papel hidrossensível apresenta valores que, em alguns casos, chegam a ser 2 vezes maior que do analisado no laser, uma vez que, as gotas pulverizadas no campo quando chegam e mancham os papéis hidrossensíveis podem não representar o diâmetro real da gota, devido a expansão que as manchas

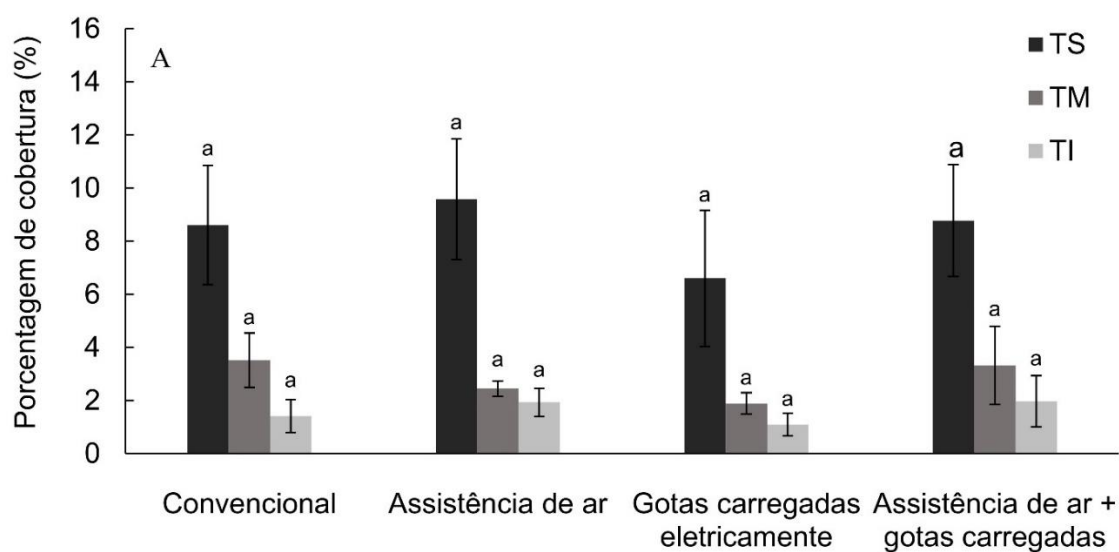
sofrem no momento que atingem os papéis (Baio et al., 2015). Além disso, gotas muito pequenas evaporam no trajeto até o alvo e podem sofrer deriva, não se depositando no papel, ampliando a diferença para cima nos diâmetros de gotas observados por este método. Por isso, esta análise foi utilizada para efeito de comparação entre as aplicações para as diferentes técnicas em campo e não para classificação do tamanho de gotas.

Os espectros de gotas de pulverização ($D_{v0,9}$, $D_{v0,5}$ e $D_{v0,1}$) não resultaram em diferenças entre aplicações com pulverizador eletrostático (ligado e desligado) e bico rotativo (Martin e Latheed, 2017). Portanto, o uso de assistência de ar e gotas carregadas eletricamente com pontas de energia de hidráulica não alterou o espectro de gotas em campo, assim como não alterou no laser.

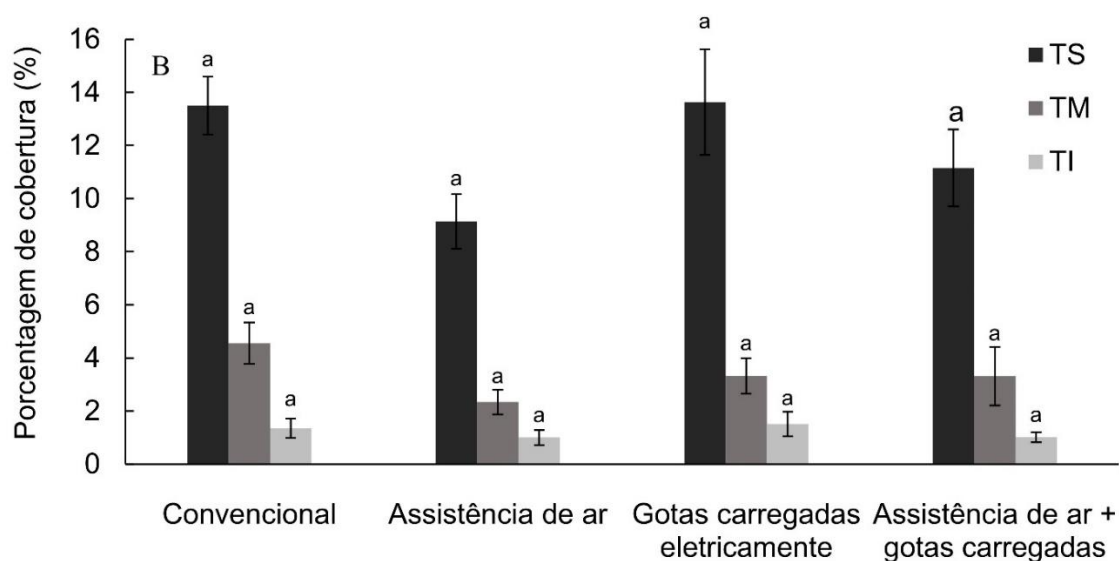
3.5. Cobertura superficial

As técnicas de assistência de ar e gotas carregadas eletricamente, separadamente ou em conjunto, não incrementaram a cobertura superficial nos terços superior, médio e inferior, em relação a aplicação convencional. Esses resultados foram observados nas safras 2019/20 e 2020/21 e estão representados na Figura 4A e 4B, respectivamente.

A aplicação convencional apresentou 3,32% de cobertura no terço médio das plantas, enquanto na aplicação com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente foi de 1,89%. Porém, não diferiram entre si e nem das demais técnicas, na primeira safra. Na segunda safra cobertura da aplicação convencional foi de 4,55%, enquanto na aplicação com assistência de ar foi de 2,34%, não diferindo entre si e entre as demais técnicas de aplicação.



Tecnologia de aplicação (Primeiro experimento)



Tecnologia de aplicação (Segundo experimento)

*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos dentro de cada terço avaliado. Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 4. Porcentagem de cobertura superficial nos terços superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) em função das tecnologias de aplicação utilizada para controle de *Bemisia tabaci*, para o primeiro experimento (safra de 2019/20) (A) e para o segundo experimento (safra 2020/21) (B).

A utilização de gotas finas para melhoria da eficiência de cobertura superficial só é verificada em condições especiais. A pulverização eletrostática tem se destacado como alternativa para redução de perdas de gotas pequenas (Serra et al., 2008). Porém, o uso de pulverização eletrostática não proporcionou incremento de cobertura superficial quando comparado ao pulverizador sem carga, dentro de cada terço avaliado (superior, médio e inferior) na cultura do café (Magno Júnior et al., 2011).

O uso das tecnologias de assistência de ar mais gotas carregadas e apenas assistência de ar, proporcionou incremento de cobertura na cultura do algodão adensado (0,45 m entre linhas) 94 dias após semeadura, em relação a tecnologia convencional. Para as aplicações foi utilizado um pulverizador com velocidade máxima de ar (70 km h^{-1} , aproximadamente) e ponta de pulverização de energia hidráulica com carregamento de gotas por indução. Por outro lado, quando a aplicação ocorreu em espaçamento convencional (0,90 m entre linhas) 42 dias após semeadura, a assistência e carregamento de gotas apresentaram cobertura menor do que a aplicação convencional (Serra et al., 2011).

Aos 42 dias após a semeadura no espaçamento 0,90 m, grande parte da área do solo estava desprovida de cobertura vegetal, conseqüentemente, a calda pulverizada não foi interceptada e o fluxo de ar por deflexão na superfície do solo se encarregou de disseminar as gotas no ambiente (Raetano, 2011; Serra et al., 2011). Enquanto a aplicação com assistência de ar em estágio mais avançado e adensamento da cultura, promoveu melhoria no direcionamento e penetração das gotas no dossel da cultura (Martin e Latheed, 2017).

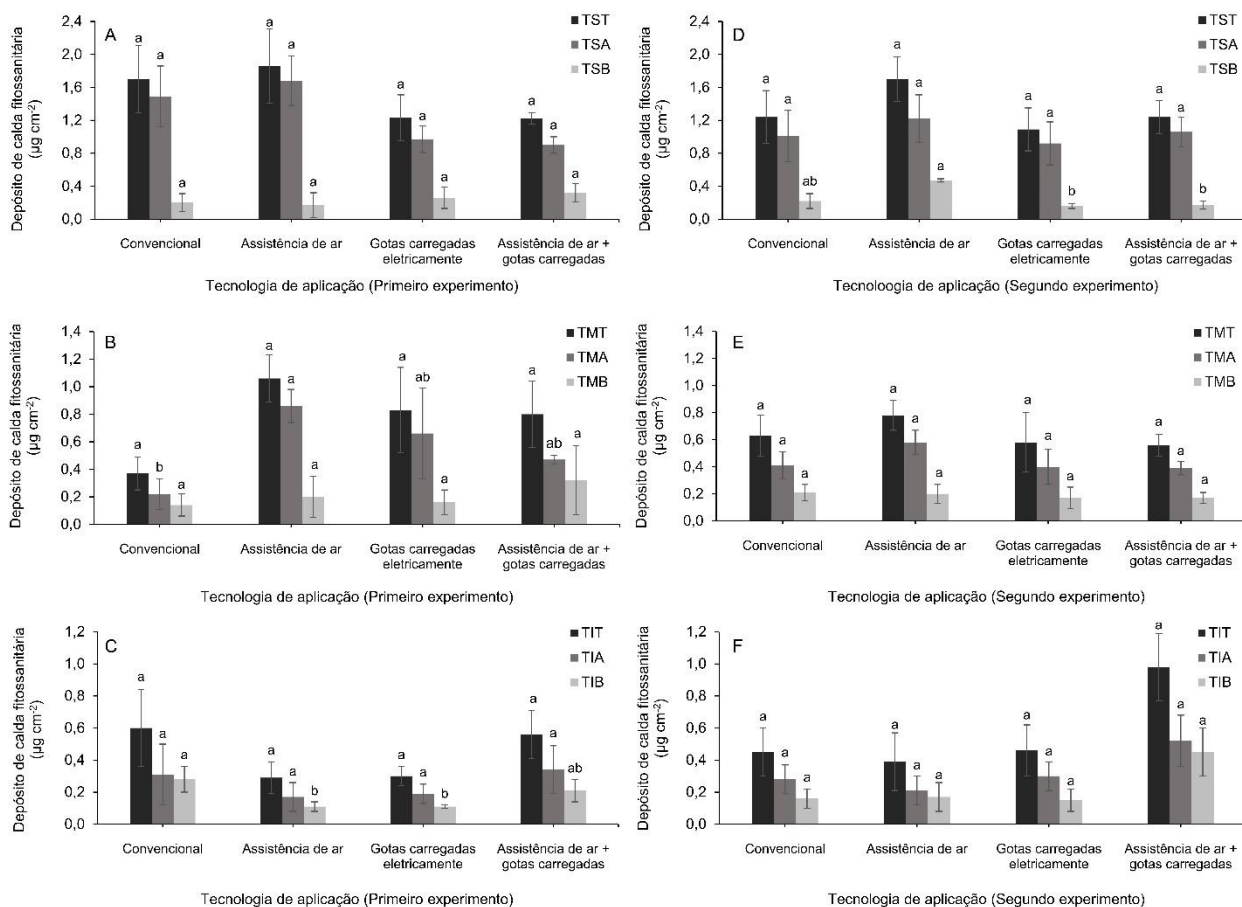
A não diferença de cobertura superficial dentro de cada terço na comparação das técnicas de aplicação, pode ser atribuída ao máximo desenvolvimento (estádio reprodutivo) e índice de área foliar da soja (Santos, 2016), período em que foi realizada a aplicação. Assim, a velocidade do vento da assistência de ar ($21,6 \text{ km h}^{-1}$) não foi suficiente para abrir o dossel da cultura e direcionar as gotas carregadas e não carregadas eletricamente, para os terços médio e inferior.

3.6. Depósito de calda fitossanitária

Analisando os resultados de depósito de calda fitossanitária da primeira safra, é possível observar que, ocorreram diferenças entre as técnicas de aplicação apenas nos terços, médio adaxial e inferior abaxial (Figura 5 A, B e C).

Para o depósito de calda no terço médio adaxial, a aplicação assistida de ar foi a que apresentou maior valor ($0,86 \mu\text{g cm}^{-2}$), não diferindo das aplicações com gotas carregadas eletricamente ($0,66 \mu\text{g cm}^{-2}$) e assistência de ar mais gotas carregadas ($0,47 \mu\text{g cm}^{-2}$). Essas duas técnicas também não apresentaram diferença em relação a aplicação convencional ($0,22 \mu\text{g cm}^{-2}$) (Figura 5B). O depósito inferior abaxial foi maior para a convencional ($0,28 \mu\text{g cm}^{-2}$), sendo indiferente às gotas carregadas mais assistência ($0,21 \mu\text{g cm}^{-2}$) (Figura 5C).

Na segunda safra foram encontradas diferenças no terço superior abaxial (Figura 5 D, E e F). O maior depósito de calda no terço superior abaxial foi de $0,47 \mu\text{g cm}^{-2}$ proporcionado por assistência de ar, não apresentando diferença para aplicação convencional ($0,22 \mu\text{g cm}^{-2}$). Por outro lado, esta aplicação não apresentou diferenças em comparação ao carregamento de gotas ($0,16 \mu\text{g cm}^{-2}$), e nem assistência de ar mais carregamento ($0,17 \mu\text{g cm}^{-2}$) (Figura 5D).



*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos dentro de cada terço avaliado. Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 5. Depósito de calda fitossanitária em função das tecnologias de aplicação utilizada para controle de *Bemisia tabaci*, nos terços superior total (TST), superior adaxial (TSA), superior abaxial (TSB), médio total (TMT), médio adaxial (TMA), médio abaxial (TMB), inferior total (TIT), inferior adaxial (TIA) e inferior abaxial (TIB), para o primeiro experimento (safra 2019/20) (A, B e C) e para o segundo experimento (safra 2020/21) (D, E e F).

A eletrificação das gotas, com diâmetro entre 30 e 80 µm, no bico de pulverização pode melhorar a deposição e uniformidade do depósito de produtos nas plantas, evitando problemas associados a pulverização como evaporação e deriva, desde que realizada corretamente (Appah et al., 2019; Chaim et al., 2015).

A pulverização eletrostática teve um efeito significativo de depósito de calda para os terços foliares em cultivo de uva, em comparação ao sistema eletrostático desligado

(sem carga elétrica), sendo que o DMV desse pulverizador tem como características formar gotas entre 30 e 50 μm (Pascuzii e Cerruto, 2015).

Na região mediana do cafeeiro, o tratamento aplicado com ponta pulverização de jato cônico vazio com gotas carregadas eletricamente mais adição de adjuvante na calda, incrementou o depósito de calda, quando comparado ao tratamento com as mesmas técnicas, porém sem adição de adjuvante (Gitirana Neto et al., 2016). Sasaki et al. (2015), observaram que o uso de alguns adjuvantes nas caldas em pulverização eletrostática melhora a energização das gotas e reduz o DMV.

Os resultados indicaram que, mesmo com apenas 10% do volume de calda ser de gotas menores que 80 μm , o carregamento de gotas mais assistência de ar, mesmo com vento de 21,6 km h^{-1} , possibilitou acréscimo de depósito de calda no terço inferior nas duas safras, de forma pouco expressiva e a diferença não foi significativa,

Portanto, o uso de gotas menores e velocidade do vento maior em relação ao que se foram usados neste trabalho, podem incrementar significativamente o depósito de calda no terço abaxial das folhas, local este de preferência da mosca branca, quando a soja estiver com alta cobertura vegetal.

3.7. Número de ninfas/folíolo de *Bemisia tabaci* em função das técnicas de aplicação

Os resultados do número de ninfas/folíolo de mosca branca para os efeitos principais, tratamento e dia, estão apresentados na Tabela 2. Nas duas épocas avaliadas, todos os tratamentos mostram-se diferentes quando comparados a testemunha.

Na safra 2019/20 a aplicação com gotas carregadas apresentou o menor número de ninfas/folíolo, não diferindo da aplicação com gotas carregadas. Enquanto a convencional apresentou menor valor, depois da testemunha, não diferindo da assistência de ar. Para o efeito principal dia, o número de ninfas/folíolo reduziu gradativamente até 28 DAP, sendo que nesta avaliação ocorreu o menor número de

ninfas/folíolo. A avaliação prévia (1 antes) apresentou o maior valor e se mostrou diferente das demais. Para o efeito principal dia na safra 2020/21, a avaliação 21 DAP foi a de menor valor e diferente das demais, apesar dos resultados não apresentarem diferenças tão expressivas.

Tabela 2. Número de ninfas/folíolo de *Bemisia tabaci* para os efeitos principais (tratamento e dia) em função das técnicas de aplicação, para as safras 2019/20 e 2020/21.

Safr 2019/20				Safr 2020/21			
Efeito principal				Efeito principal			
Tratamento	Dia			Tratamento	Dia		
1	7,79 a ¹	1 antes ²	9,69 a ¹	1	2,99 a ¹	1 antes	2,11 a ¹
2	6,76 b	3 DAP ³	6,68 b	2	1,66 b	3 DAP	1,94 a
3	6,26 bc	7 DAP	6,32 bc	3	1,52 b	7 DAP	2,08 a
4	5,82 cd	14 DAP	6,36 bc	4	1,55 b	14 DAP	1,97 a
5	5,22 d	21 DAP	5,46 c	5	1,44 b	21 DAP	1,05 b
		28 DAP	3,80 e				
Erro médio padrão	0,11			Erro médio padrão	0,04		
p-Valor	<0,001 <0,001			p-Valor	<0,001 <0,001		

¹Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p>0,05$). ²Antes = um dia antes a primeira aplicação. ³DAP = dias após a primeira aplicação. Tratamento 1 = testemunha; 2 = convencional; 3 = assistência de ar; 4 = gotas carregadas eletricamente; 5 = assistência de ar + gotas carregadas.

Na análise de medidas repetidas no tempo, a interação entre tratamento e dia foi significativa ($p<0,001$), para as duas safras. A evolução da população de ninfas de mosca branca está apresentada na Figura 6A para a safra 2019/20 e na Figura 6B para a safra 2020/21. Para a avaliação prévia (1 antes), não ocorreram diferenças entre os tratamentos, indicando que a infestação se apresentou uniforme antes das aplicações, em ambas as safras.

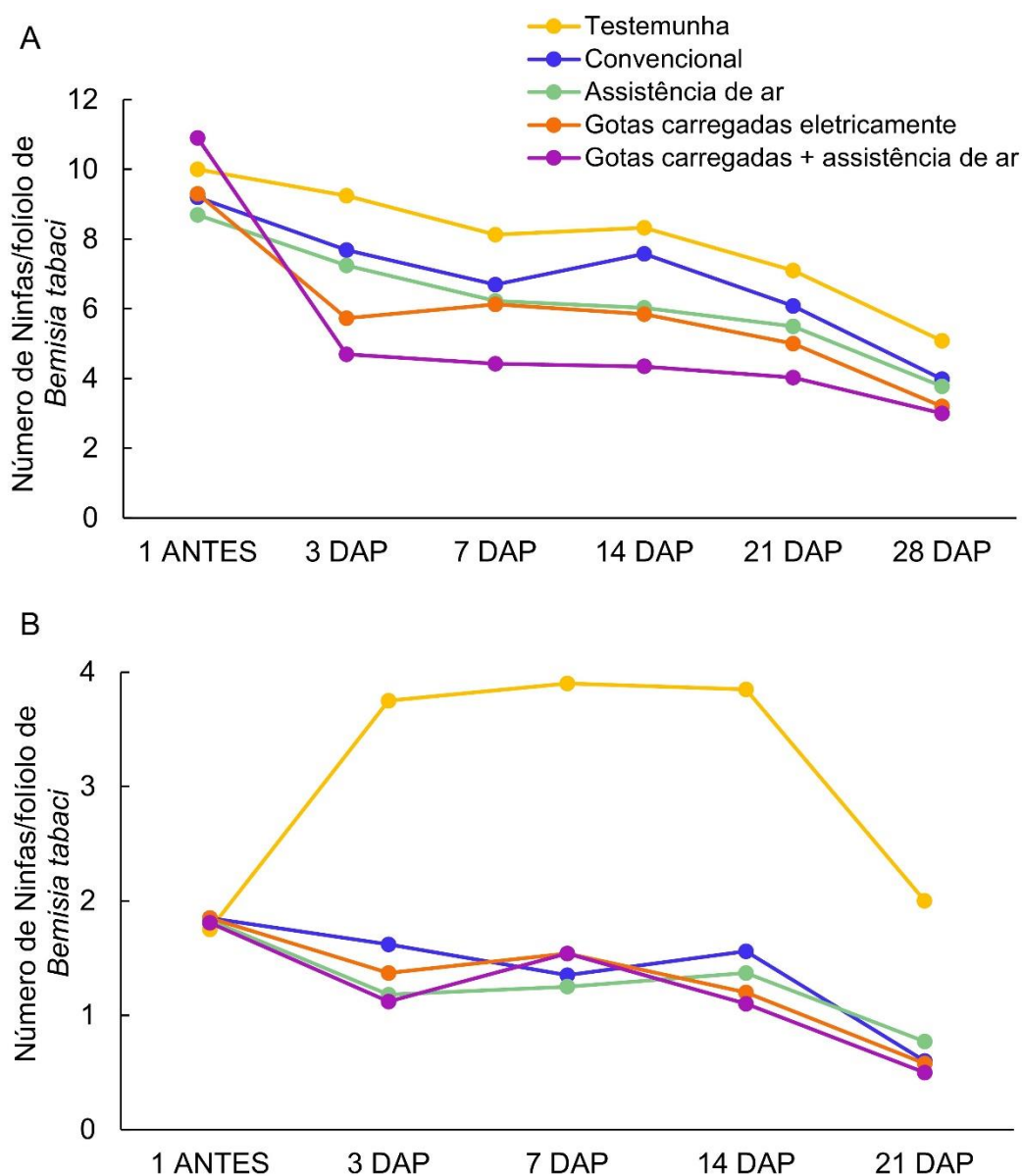


Figura 6. Número de ninfas de *Bemisia tabaci* por folículo de soja em função das tecnologias de aplicação, para a safra 2019/20 (A) e para a safra 2020/21 (B).

Na safra 2019/20, a população de ninfas da testemunha foi reduzindo paulatinamente ao longo do desenvolvimento da cultura. Porém, entre 7 e 14 DAP ocorreu aumento e a partir de 21 DAP a quantidade reduziu novamente, desta vez de forma significativa. Nos tratamentos realizados com aplicação convencional e assistência de ar, o número de ninfas caiu de forma não significativa na primeira avaliação após a

primeira aplicação. A redução só foi significativa 7 DAP em comparação a contagem prévia. Para as avaliações seguintes os valores se mantiveram praticamente constantes, inclusive com aumento para a convencional de 7 para 14 DAP, assim como ocorreu na testemunha. Após 21 DAP, a população reduziu mais acentuadamente.

Ainda sobre a primeira safra, as aplicações com gotas carregadas eletricamente e com assistência de ar mais gotas carregadas reduziram a população de ninfas de forma acentuada e significativa já na primeira avaliação (3 DAP) após a primeira aplicação. Para as demais avaliações o comportamento da população foi semelhante ao tratamento com assistência de ar, onde a população diminuiu de forma mais expressiva a partir de 21 DAP. Além disso, a redução mais acentuada logo após a primeira aplicação ocorreu com gotas carregadas eletricamente + assistência de ar.

Na segunda safra as avaliações foram realizadas até 21 DAP apenas, devido à baixa infestação de mosca branca. Na testemunha o número de ninfas aumentou da avaliação prévia para a de 3 DAP significativamente, posteriormente se manteve estável, e a partir de 14 DAP sofreu redução expressiva, até se igualar com a avaliação prévia. Para os demais tratamentos as avaliações não foram significativas, mesmo com redução expressiva de acordo com o gráfico, da avaliação prévia para 3 DAP.

Nos tratamentos convencional e assistido de ar a população reduziu até 7 DAP, posteriormente sofreu aumento, e a partir de 14 DAP reduziu novamente. Já para gotas carregadas e carregamento mais assistência, o número de ninfas/folíolo aumentou de 3 para 7 DAP, e posteriormente a essa avaliação ocorreu redução da população.

As comparações entre os tratamentos para cada dia avaliado não se mostraram similares para as duas safras realizadas no experimento. Para a primeira safra em 3 DAP, os tratamentos convencional e assistido por ar, não apresentaram diferenças em comparação com a testemunha. Por outro lado, as gotas carregadas e gotas carregadas mais assistência de ar, foram diferentes da testemunha, mas não foram diferentes do convencional e assistência de ar. Nas avaliações 7, 14 e 21 DAP, os tratamentos convencional, assistência de ar e gotas carregadas não se diferenciaram em relação a testemunha e ao carregamento de gotas mais assistência de ar, porém estes foram

diferentes entre si. Já na última avaliação (28 DAP), os tratamentos não apresentaram diferenças entre si, inclusive em relação a testemunha.

As avaliações de 3, 7, 14 e 21 DAP na segunda safra se apresentaram similares. Na qual os tratamentos convencional, assistência de ar, gotas carregadas e assistência de ar mais gotas carregadas foram semelhantes entre si, porém diferentes em comparação a testemunha.

Na safra 2019/20 a infestação de mosca branca foi maior em comparação a seguinte safra. Dentre os fatores que podem ter provocado a diferença entre um ano e outro, pode-se citar a presença da cultura de soja nos dois terraços ao redor da primeira safra, beneficiando assim a maior ocorrência do inseto (Embrapa, 2008), o que não ocorreu na segunda, onde só tinha soja na curva utilizada por este experimento. Além disso, em 2019/20 a precipitação pluviométrica foi de 120 mm maior em relação a 2020/21. Oliveira (2009) avaliando a população de mosca branca em algodão, relatou um maior incremento de ninfas durante a ocorrência das chuvas, corroborando com os dados descrito neste trabalho.

A redução natural de mosca branca ocorreu nas safras avaliadas da prévia até o último dia de contagem, principalmente na testemunha. Resultado semelhante foi relato por Salas e Mendoza (1995) na cultura do tomateiro, onde o ciclo do inseto durou aproximadamente 22,3 dias, do ovo a fase adulta, nas condições de 65% de umidade relativa e 25°C de temperatura.

O fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*, que isoladamente apresentou redução de 66 a 87% da população de mosca branca em soja (Alves et al., 2001), foi observado nas duas safras de campo em todas as avaliações de ninfas/folíolo, o que poderia explicar a redução da população de ninfas inclusive na testemunha e não ter ocorrido diferenças entre as avaliações.

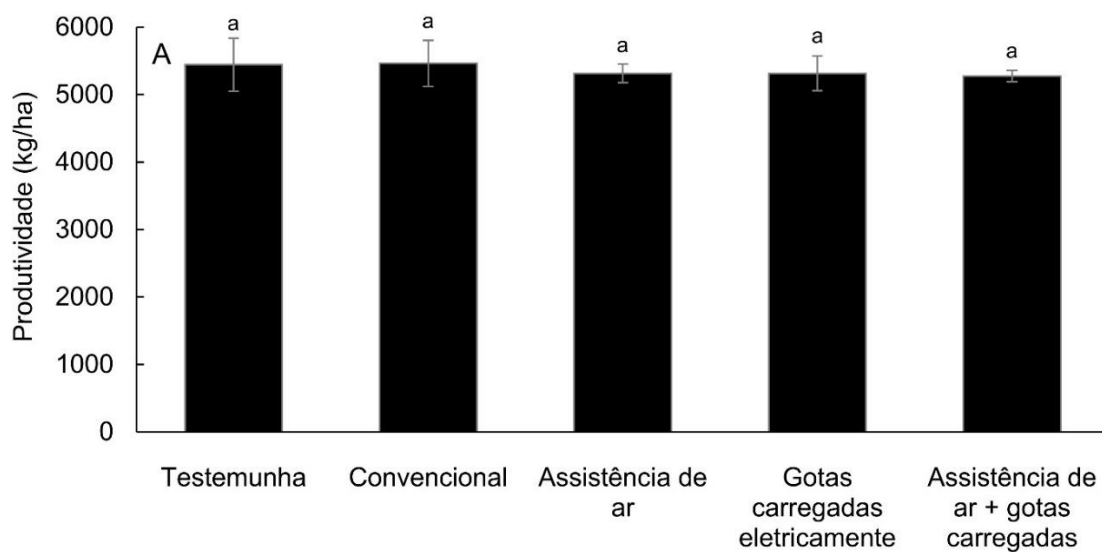
A aplicação com assistência de ar mais gotas carregadas eletricamente, apesar de não diferir das aplicações convencional, assistida de ar e gotas carregadas, foi diferente da testemunha desde a primeira avaliação após a primeira aplicação, isso para a safra 2019/20. Por outro lado, o tratamento convencional, assistido de ar e gotas carregadas não diferiram da testemunha, em nenhuma avaliação realizada. O depósito

de calda no terço superior, médio e inferior da face abaxial das folhas foi maior para gotas carregadas mais assistência do que as aplicações convencional, gotas carregadas e assistência de ar, e maiores depósitos implicam em maior eficiência de controle de insetos (Serra, 2008).

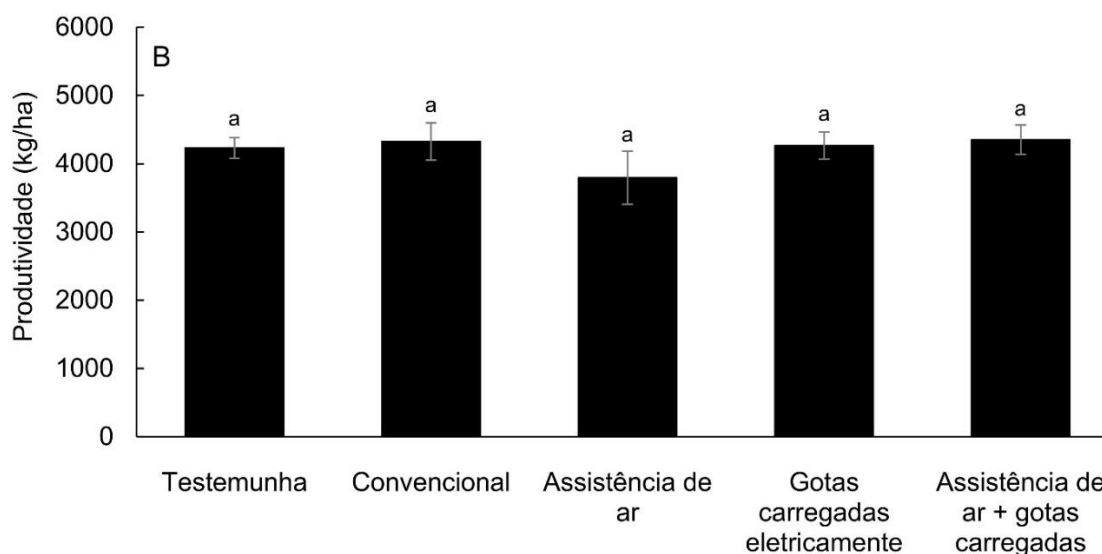
O uso de gotas carregadas eletricamente mais assistência de ar proporcionou resultados promissores de depósito de calda fitossanitária, podendo ter a possibilidade de incremento ao se usar velocidade de vento da assistência de ar maior e gotas menores em relação ao utilizado neste trabalho.

3.8. Produtividade da soja

As aplicações realizadas durante conduções das safras com o uso de diferente técnicas de aplicação para o controle de mosca branca, não proporcionaram incremento na produtividade e nem diferença em comparação com a testemunha (Figura 7A e 7B). A produtividade da primeira safra, no geral, foi maior quando comparada a segunda safra, essa diferença foi de aproximadamente 1000 kg ha⁻¹.



Tecnologia de aplicação (Primeiro experimento)



Tecnologia de aplicação (Segundo experimento)

*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos. Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 7. Produtividade de soja em função das tecnologias de aplicação utilizada para controle de *Bemisia tabaci*, para o primeiro experimento (safra de 2019/20) (A) e para o segundo experimento (safra 2020/21) (B).

No estudo realizado com a cultivar P98R31, a ocorrência de mosca branca foi mais acentuada no estágio R3 da cultura, diminuindo naturalmente após esse período, mesmo onde não ocorreu tratamento fitossanitário do inseto (Vieira et al., 2013). Para a cultivar utilizada neste trabalho na primeira época, os maiores números de ninfas foram encontrados entre os estádios R1 e R2, e a infestação do inseto diminuiu naturalmente entre os estádios R4 e R5. Na segunda época o número de mosca foi bastante reduzido em relação à safra anterior, para todos os tratamentos. Em adição, não foram observadas plantas com sintomas de necrose do caule da soja e presença de fumagina.

A não ocorrência de diferenças para a produtividade entre os tratamentos neste estudo pode estar associada a baixa infestação de mosca branca na cultura, uma vez que, ocorreu semelhança de produtividade entre testemunha não tratada e tratamento com aplicação, quando as plantas atingiram 40 ninfas/folículo (Vieira et al., 2013). A redução natural da população e fatores meteorológicos também podem estar associados a falta de significância entre os tratamentos.

A disponibilidade hídrica durante a estação de crescimento constitui-se na principal limitação à expressão do potencial de rendimento da cultura e na maior causa de variabilidade dos rendimentos de grãos observados de um ano para outro (Farias et al., 2007). A disponibilidade de água é importante, principalmente em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos (R1-R6). A necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos, decrescendo após esse período (Farias et al., 2007). Além disso, para bom desempenho necessita boa distribuição de chuvas ao longo do ciclo.

O volume de água durante a fase crítica (R1-R6) situou-se em 210 mm e 100 mm para a safra 2019/20 e 2020/21, respectivamente. Além da diferença hídrica ser de 110 mm entre as safras, na segunda a distribuição de chuvas concentrou-se apenas em alguns dias. O volume de água entre 120 e 300 mm, corresponde ao ideal para atender as necessidades da cultura na fase crítica, desde que bem distribuído (Farias et al., 2007). Portanto, a diferença de produtividade entre as safras 2019/20 e 2020/21

observada nesse trabalho, pode ser atribuída a variação de chuva de um ano para o outro que afetou o desenvolvimento das plantas de segunda época.

Destes resultados observa-se que o monitoramento integral do cultivo, incluindo os fatores edafoclimáticos, com o manejo adequado, pode implicar em menor quantidade de aplicações, ou em aplicações mais adequadas sem comprometimento da produtividade devido à interferências fitossanitárias.

4. CONCLUSÃO

A pulverização com assistência de ar mais gotas carregadas eletricamente não alterou o controle de mosca branca e produtividade da soja em relação à aplicação convencional.

5. REFERÊNCIAS

Alves SB, Silveira CA, Lopes RB, Tamai MA, Ramos EQ, Salvo S (2001) Eficácia de *Beauveria bassiana*, imidacloprid e thiacloprid no controle de *Bemisia tabaci* e na incidência do BGMV. **Manejo Integrado de pragas** (Costa Rica) 61:31-36.

Appah S, Wang P, Ou M, Gong C, Jia W (2019) Review of electrostatic system parameters, charged droplets characteristics and substrate impact behavior from pesticides spraying. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, 12:1-9.

ASABE, American Society of Agricultural and Biological Engineers (2013) Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. **Standard 572.1**, St. Joseph, MI. American Society of Agricultural and Biological Engineers.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). **NBR 13074**: Agrotóxicos – Preparação de água-padrão para ensaios. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2010). **NBR NM ISO 3310- 1**: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014) **NBR 13875**: Agrotóxico - Avaliação de compatibilidade físico-química. Rio de Janeiro. BRASIL.

Baio FHR, Scarpin IM, Silva EE (2015) Papel hidrossensível e alternativo fotográfico em ensaios de deposição de gotas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** 9:339-347.

Baldin ELL, Cruz PL, Morando R, Silva IF, Bentivenha JPF, Tozin LRS, Rodrigues TM (2017) Characterization of Antixenosis in Soybean Genotypes to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. **Journal of Economic Entomology** 110:1869-1876.

Barbosa FR, Siqueira KMM, Souza EA, Moreira WA, Haji FNP, Alencar JA (2002) Efeito do controle químico da mosca-branca na incidência de vírus-do-mosaico-dourado e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 37:879-883.

Bedin FA, Assmann EJ, Polo LRT, Schuste I (2015) Eficiência de eventos transgênicos de resistência a insetos em soja e milho. **Revista Cultivando o Saber** 8:201-204.

Bortolotto OC, Pomari-Fernandes A, Bueno AF, Kruz YKS, Queiroz AP, Sanzovo A. Ferreira RB (2015) The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology** 1:25-32.

Calore RA, Ferreira MC, Rodrigues NEL, Otuka AK (2015) Distribution pattern, surface tension and contact angle of herbicides associated to adjuvants on spraying and control of *Ipomea hederifolia* under rainfall incidence. **Engenharia Agrícola** 35:756-768.

Chaim A, Neto JC, Pessoa MCPY (2006) **Uso do programa computacional Gotas para avaliação da deposição de pulverização aérea sob diferentes condições climáticas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 23 p. (Embrapa-Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 39).

Chaim A, Wadt LGR (2015) **Pulverização eletrostática: a revolução na aplicação de agrotóxicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 7 p. (Embrapa-Meio Ambiente).

Cunha JPAR, Alves GS, Marque RS (2017) Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica** 48:261-270.

Decaro Junior ST, Ferreira MC, Lasmar O, Campos HBN (2014). Relationship among variables of sprays applied at reduced volumes in a coffee plantation. **Aspects of Applied Biology** 122:415-422.

Della Vechia JF, Almeida DP, Santos RTS, Ferreira MC (2017) Possível ou perigosa? **Cultivar** 15:29-31.

Embrapa Soja. **Mosca branca preocupa produtores e técnicos**. ISSN 677-8499 Sistemas de Alerta, Londrina: Embrapa Soja, 2008.

Farias JRB, Nepomuceno AL, Neumaier N (2007) **Ecofisiologia da Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 9 p. (Embrapa-Soja. Documentos 48).

Ferreira MC, Lasmar O, Decaro Junior ST, Neves SS, Azevedo LH (2013) Qualidade da aplicação de inseticida em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), com e sem adjuvantes na calda, sob chuva simulada. **Bioscience Journal** 29:1431-1440.

Gitirana Neto J, Cunha JPAR, Marques RS, Lasmar O, Bueno EB (2016) Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**, Lavras 11:267-275.

Gupta P, Sirohi NPS, Mishra IM (2012) Air flow characteristics of an air-assisted sprayer through horizontal crop canopy. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering** 5:1-6.

Kissmann KG (1997) Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 61-77.

Koppen W, Geiger R (1928) **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes.

Lopez V, Vos J, Polar P, Krauss U (2008) Discovery learning about sustainable management of whitefly pests and whitefly-borne viruses. **International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)** 1:12-37.

Magno Júnior RG, Teixeira MM, Vieira LB, Ferreira LR, Alvarenga CB (2011) Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para atração de gotas da pulverização eletrostática em plantas cítricas. **Bioscience Journal** 27:798-804.

Martin DE, Latheef MA (2017) Aerial electrostatic spray deposition and canopy penetration in cotton. **Journal of Electrostatics** 90:38-44.

Matthews G, Bateman RPM (2014) **Pesticide Application Methods**. 4. ed. Wiley-Blackwell, p. 499.

Nascimento AB, Oliveira MG, Balan MG, Higashibara LR, Abi Saab OJG (2012) Deposição de glifosato e utilização de adjuvante para diferentes pontas de pulverização e horário de aplicação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias** 5:105-116.

Oliveira ES (2009) **Flutuação populacional de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) em cultivo de algodoeiro, sob manejo convencional, em Campo Verde, MT**. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá – MT.

Oliveira ML, Machado-Neto JG (2003) Use of manganese as tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in the safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 70:415-421.

Pascuzzi S, Cerruto E (2015) Spray deposition in “tendone” vineyards when using a pneumatic electrostatic sprayer. **Crop Protection**, 28:1-11.

Petroff R (2005) **Water quality and pesticide performance**. Disponível em: <<http://www.montana.edu/>> Acesso em: 15 jun. 2021.

Polston JE, De Barro P, Boykin LM (2014) Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. **Pest Management Science** 70:1547-1552.

R Development Core Team (2021) **A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.

Raetano CG (2011) Assistência de ar em pulverizadores de barras: interferências e potencial de uso no sistema de plantio direto. In: Antuniassi UA, Boller W (Eds.) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Botucatu: Fepaf, p.105-119.

Salas J, Mendoza O (1995) Biology of the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomato. **The Florida Entomologist** 78:154-160.

Salyani M, Zhu H, Sweeb RD, Pai N (2013) Assessment of spray distribution with water-sensitive paper. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Beijing** 15:101-111.

Santos ER (2016) **Parâmetros genéticos e obtenção de genótipos de soja com ausência de 504 lipoxigenase e características agronômicas em baixas latitudes**. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UnB, Universidade de Brasília.

Sasaki RS, Teixeira M.M, Santiago H, Madureira RP, Maciel CFM, Fernandes HC (2015) Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural** 45:508 279.

Serra ME, Chaim A, Raetano CG (2008) Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de Crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília 43:479-485.

Serra ME (2011) **Pulverização eletrostática e assistência de ar no tratamento fitossanitário na cultura do algodoeiro**. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unesp, Botucatu.

Silva JF, Ferreira LR, Ferreira FA (2007) Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. In: Silva AA, Silva JF (Eds.) **Tópicos em manejo de plantas daninhas** UFV, Viçosa, p. 118-154.

Stansly AP, Naranjo SE (2009) **Bemisia: bionomics and management of a global pest**. Dordreech, The Netherlands: Springer, p. 528.

Vieira SS, Bueno RCOF, Bueno AF, Boff MIC, Gobbi AL (2013) Controle da mosca-branca em diferentes momentos e a produtividade da soja. **Ciência Rural** 43:247-253.

Wang X, Yang N (2017) The Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) In: Wan F, Jiang M, Zhan A (Eds) **Biological invasions and its management in China**. Dordrecht, The Netherlands Springer, p. 159-182.

CAPÍTULO 3 – ASSOCIAÇÃO DE ASSISTÊNCIA DE AR E GOTAS CARREGADAS ELETRICAMENTE NO CONTROLE DE MOSCA BRANCA NA SOJA

RESUMO – A assistência de ar visa melhorar a penetração das gotas pelo dossel das culturas e a pulverização com gotas carregadas eletricamente auxilia a cobrir a face abaxial das folhas, local preferencial de permanência da mosca branca, inclusive na cultura da soja. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da pulverização assistida de ar e com gotas carregadas eletricamente no controle de *Bemisia tabaci* na soja. Foram realizados dois experimentos, réplica, em casa de vegetação com vasos utilizando de aplicação com pulverizador costal motorizado assistido de ar com gotas carregadas eletricamente, sendo realizada a pulverização: 1. sem assistência de ar e sem carga elétrica (convencional); 2. assistida de ar; 3. com gotas carregadas eletricamente; 4. com gotas carregadas eletricamente e assistência de ar; 5. tratamento sem aplicação (testemunha não tratada). Foram avaliados em campo o tamanho de gotas, a cobertura em papel hidrossensível, depósito de calda em acetato fixado nos folíolos das plantas, número de ninfas/folíolo e a produtividade da cultura. A eletrificação das gotas e assistência de ar não alterou o tamanho de gotas. A cobertura superficial não apresentou incremento com o uso de assistência de ar e gotas carregadas eletricamente. Para o depósito de calda, as gotas carregadas e associação das gotas carregadas com assistência de ar aumentaram o depósito em alguns terços, principalmente na face abaxial. Em comparação com a testemunha, o número de ninfas por folíolo foi reduzido nas parcelas tratadas que, no geral não diferiram entre si. Conclui-se que a pulverização com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente não alterou a produtividade da soja e o controle de mosca branca em relação à aplicação convencional.

Palavras-chaves: Carga elétrica, assistida de ar, *Bemisia tabaci*, depósito de calda, cobertura superficial.

ASSOCIATION OF AIR ASSISTANCE AND DROPLETS ELECTRICALLY CHARGED IN WHITE FLY CONTROL IN SOYBEAN

ABSTRACT – Air assistance aims to improve drop penetration through the crop canopy and spraying with electrically charged droplets helps to cover the abaxial face of the leaves, the preferred place of permanence of whitefly, including in soybean crop. Thus, the objective of this experiment was to evaluate the effect of assisted air spraying and with electrically charged droplets on the control of *Bemisia tabaci* in soybean. Two experiments were carried out, replica, in a greenhouse with vases using an application with a motorized back sprayer with electrically charged drops, spraying being carried out: 1. without air assistance and without electrical charge (conventional); 2. assisted air; 3. with electrically charged drops; 4. with electrically charged drops and air assist; 5. treatment without application (untreated control). Droplet size, coverage in water-sensitive paper, tank-mixture deposit in acetate fixed on plant leaflets, number of nymphs/leaf and crop productivity were evaluated in the field. Droplet electrification and air assistance did not change droplet size. Surface coverage did not increase with the use of air assistance and electrically charged drops. For tank-mixture deposit, the charged drops and the association of the charged drops with air assistance increased the deposit by some thirds, mainly on the abaxial face. In comparison with the control, the number of nymphs per leaflet was reduced in the treated plots that, in general, did not differ from each other. It was concluded that spraying with air assistance and electrically charged droplets did not change soybean yield and whitefly control compared to conventional application.

Keywords: Electric charge, air assist, *Bemisia tabaci*, tank-mixture deposit, surface coverage

1. INTRODUÇÃO

Dentre os insetos fitófagos de importância na cultura da soja, a mosca branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) se destaca devido à sua dificuldade de controle. Polífaga, ocasiona danos diretos e indiretos durante a alimentação feita no floema por ninfas e adultos, com injeção de toxinas que podem promover alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas (Lopez et al., 2008). A dificuldade de controle se dá pelo seu hábito de se alojar, principalmente, na face abaxial das folhas, pela rápida capacidade de reprodução, pelo aparecimento frequente de biótipos resistentes aos inseticidas, além da facilidade de disseminação (Baldin et al., 2017).

A pulverização convencional com inseticidas químicos é a tecnologia mais utilizada pelos produtores para o controle da mosca branca. Porém, esse método não permite uma deposição eficiente de ingrediente ativo na face abaxial das folhas, tornando o controle de baixa eficiência e ainda pode favorecer à seleção de indivíduos resistentes ao produto aplicado (Baldin et al., 2017). Para aumentar a eficiência do manejo, é necessário a busca por soluções de novas técnicas ou até mesmo, da adequação das técnicas que já existem para determinado caso em específico.

Na tecnologia de pulverização eletrostática há formação de gotas decorrentes de cargas elétricas na calda (de um determinado sinal e em alta tensão), suficiente para rompê-la em gotas (Matthews et al., 2014). A pulverização com pontas de pulverização de energia hidráulica (pressurização) é mais comumente utilizada nas aplicações de inseticidas. Entretanto, esse tipo de ponta forma gotas desuniformes, de tamanho variados e sujeitas à deriva. A eletrificação das gotas após formação por energia hidráulica, se dá com a finalidade de promover atração das gotas pela superfície da planta e vice-versa (Chaim, 2015).

As gotas com cargas elétricas são capazes de fazer curvas no ar, dependendo da massa da gota e da carga elétrica, repelindo-se entre si e sendo atraídas para todas as direções da superfície vegetal, devido ao campo elétrico gerado pelas cargas transferidas

ao líquido e as cargas presentes nas plantas (Serra et al., 2008; Chaim, 2015). Como resultado desse processo, é comum obter incrementação de cobertura nos alvos e melhoria da distribuição das gotas, uma vez que, a eletrificação favorece a atração relativamente mais bem orientada e favorecida para a superfície das plantas, inclusive na parte inferior das folhas (Martin e Latheef, 2017). Entretanto, para bom funcionamento da tecnologia as gotas devem ser finas ou muito finas, mais eficiente para gotas menores que 80 μm (Appah et al., 2019; Chaim et al., 2015). Além disso, as gotas carregadas aplicadas em culturas com alto enfolhamento, tendem a se depositar no topo das plantas, não sendo bem distribuídas nos terços médio e inferior.

A tecnologia de aplicação assistida de ar, favorece a deposição de gotas no interior das culturas, mais precisamente em plantas com alto índice de folhas (Gupta et al., 2012). A assistência de ar junto à barra de pulverização pode abrir o dossel da cultura, devido a produção de um jato de ar, por meio de um ventilador acoplado ao pulverizador, fazendo com que as gotas sejam direcionadas ou mesmo transportada para o alvo, com possível redução de perdas por deriva (Martin e Latheef, 2017).

O estudo desses fatores é importante, visando a melhoria da segurança e da eficiência de controle deste inseto na cultura da soja. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o controle de mosca branca com pulverização assistida de ar com gotas carregadas eletricamente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no município de Jaboticabal/SP, em 21°14'23" de latitude Sul, 48°17'20" de longitude Oeste e 583 m de altitude, com avaliação do controle de mosca branca na soja em função de aplicação assistida de ar e gotas carregadas eletricamente. O primeiro experimento foi semeado dia 15 de outubro de 2020 e o segundo 30 de outubro de 2020, como réplica. A precipitação total, a temperatura média e a umidade relativa média durante a condução

do estudo foram 660,3 mm, 24,2 °C e 70,3%, respectivamente, para o primeiro experimento. Para o segundo experimento os dados foram 640,2 mm, 24,1 °C e 71,3%, respectivamente. Para ambos os experimentos os dados foram coletados entre 15 de outubro de 2020 até a segunda quinzena de fevereiro de 2021, período em que foram conduzidos.

Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho, foram extraídos de um conjunto pertencente ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas. As observações feitas na Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal são cotadas, digitadas em formato padronizado, realizada a consistência e controle de qualidade. Em seguida são obtidas as médias diárias, mensais e anuais.

Para obtenção das plantas, foram utilizadas sementes de soja da cultivar 95R95IPRO - Pioneer®, de ciclo precoce, previamente tratadas com fungicida e inseticida Standak® Top, de acordo com recomendação constante no rótulo do produto. Foram utilizados vasos de polietileno com 5 L de capacidade e como substrato a mistura de terra, areia e composto orgânico na proporção 3:1:1, respectivamente. Para cada vaso de soja foram semeadas cinco sementes. Após 30 dias da emergência foi realizado desbaste, mantendo-se duas plantas por vaso. A infestação de mosca branca ocorreu de forma natural.

2.1. Avaliação da aplicação com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso contendo 4 formas de aplicação com pulverizador costal motorizado assistido de ar e gotas carregadas eletricamente mais testemunha, sendo: 1. pulverização sem assistência de ar e sem carga elétrica (convencional); 2. pulverização assistida de ar; 3. pulverização com gotas carregadas eletricamente; 4. pulverização com gotas carregadas eletricamente e assistência de ar; e 5. tratamento sem aplicação (testemunha não tratada). A velocidade do vento do pulverizador foi única e aferida por anemômetro digital (21,6 km h⁻¹). Cada parcela

experimental foi constituída de 5 vasos com duas plantas/vaso. Os blocos A, B, C e D foram distribuídos como indica a Figura 1.

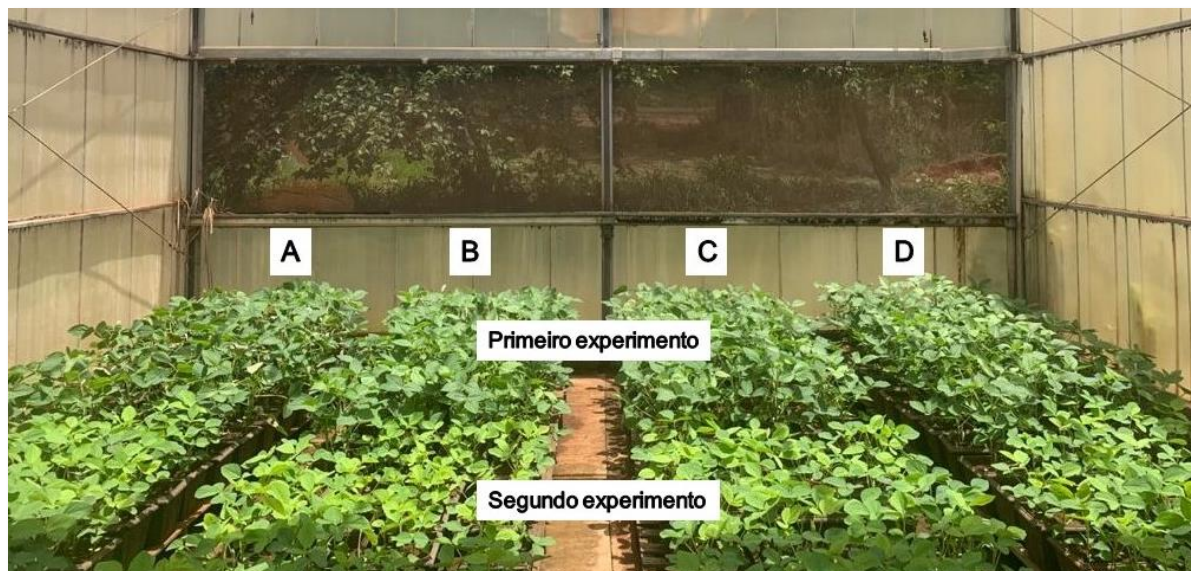


Figura 1. Disposição dos vasos do primeiro (metade para trás) e do segundo (metade para frente) experimento, sendo os blocos (A), (B), (C) e (D).

Para controle de mosca branca foram realizadas duas aplicações por experimento, nos mesmos estádios fenológicos da cultura da soja para os dois experimentos. A primeira aplicação foi realizada no estágio R1 (50 dias após a emergência) das plantas, devido ao nível de ação sugerido para o manejo de mosca branca ser de 10 ninfas por folíolo (Bortolotto et al., 2015). A segunda aplicação foi realizada 15 dias após a primeira, em estágio R3 (65 dias após a emergência) das plantas.

As aplicações foram realizadas com um pulverizador costal motorizado desenvolvido por Aldemir Chaim da Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna/SP, montado em quadriciclo (Honda® 4x4 Fourtrax Fuel Injection) (Figura 2A). Uma barra contendo uma ponta de pulverização modelo TXA80015VK da TEEJET a 55,0 psi, produzindo gotas finas, foi acoplada ao pulverizador equipado com fonte de alta tensão de 7 kV (Figura 2B) e com ventilador acima do bico, alimentados pela bateria de 12 V do quadriciclo. As cargas elétricas geradas pela fonte de alta tensão atingem um anel

condutor de corrente elétrica, este foi acoplado ao redor da ponta de pulverização (eletrodo de indução) (Figura 2C). As gotas ao passarem por este anel ficam eletricamente carregadas, enquanto o ventilador ligado direciona as gotas para o dossel da cultura (Figura 2D). Os tratamentos foram aplicados com o mesmo pulverizador, para isso os sistemas de assistência de ar e carregamento elétrico de gotas foram ligados e desligados para cada técnica de aplicação.

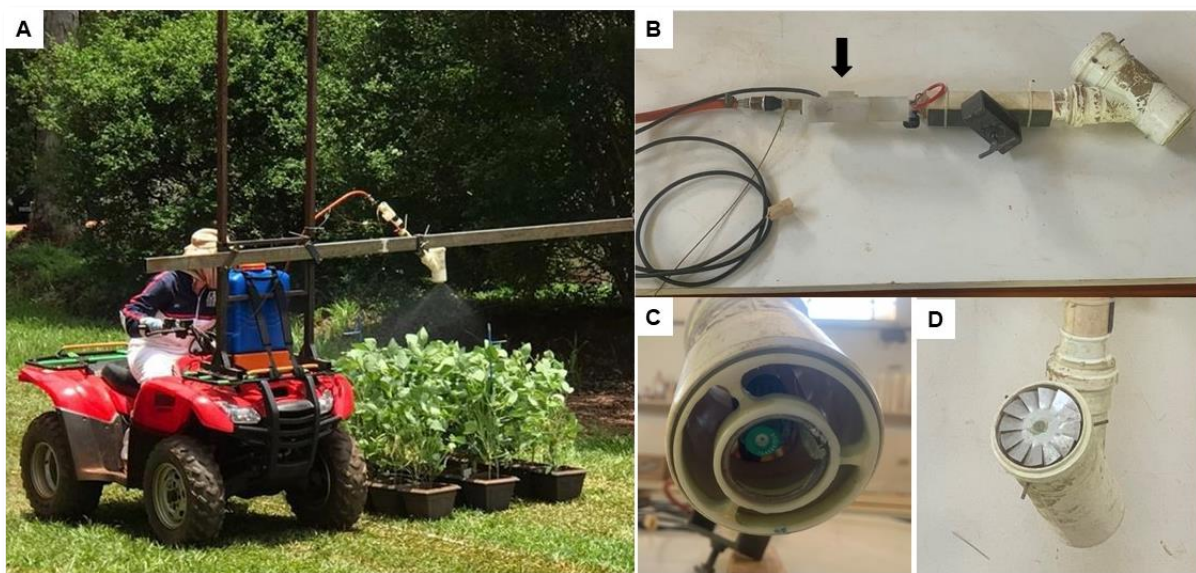


Figura 2. Aplicação realizada com pulverizador costal motorizado com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente (A). Pulverizador equipado com fonte de alta tensão 6 kV (B), ponta de pulverização com anel condutor de corrente elétrica (eletrodo de indução) (C) e sistema de assistência de ar (D).

As aplicações foram realizadas com volume de 56 L ha^{-1} e velocidade de 14 km h^{-1} . As condições meteorológicas foram monitoradas por termo-higrômetro e anemômetro digital (Tabela 1). A calda fitossanitária foi preparada com inseticida de contato e translaminar piriproxifem (Tiger 100 EC $100 \text{ g i.a. L}^{-1}$, formulação EC, Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda.) na dosagem 250 mL ha^{-1} para o controle de ninfas de mosca branca, mais fungicida protetor oxicloreto de cobre (Difere® $588 \text{ g i.a. L}^{-1}$, formulação SC, Oxiquímica Agrociência Ltda.) na dosagem $1,0 \text{ L ha}^{-1}$. Neste caso, o oxicloreto de cobre foi utilizado para análise de depósito de calda fitossanitária após a

aplicação. Foram aplicados inseticida mais fungicida para representar as aplicações que comumente ocorrem em campo. Após 45 min da primeira aplicação no segundo experimento ocorreu precipitação de cerca de 10 mm.

Tabela 1. Condições meteorológicas no momento das duas aplicações realizadas nos dois experimentos na cultura da soja. Jaboticabal – SP, 2020/21.

Experimento	Momento (DAE ¹)	Tratamento	Temp. ² (°C)	U.R. ³ (%)	Vento ⁴ (km h ⁻¹)
Primeiro	50	1	27,7	61,5	2,7
		2	28,6	58,8	3,1
		3	29,1	55,0	2,3
		4	30,0	55,0	2,8
Primeiro	65	1	27,5	72,5	3,4
		2	27,2	71,3	5,0
		3	27,1	72,5	8,0
		4	28,0	70,0	6,6
Segundo	50	1	27,2	74,3	3,6
		2	26,7	77,3	1,3
		3	27,6	75,3	2,2
		4	28,4	71,3	1,5
Segundo	65	1	25,1	66,3	4,0
		2	24,6	67,5	5,0
		3	24,8	69,3	4,3
		4	25,2	68,5	2,5

¹DAE = dias após emergência da cultura; ²Temp. = temperatura; ³U.R. = umidade relativa; ⁴Vento = velocidade média do vento. Tratamento 1 = convencional; 2 = assistência de ar; 3 = gotas carregadas eletricamente; 4 = assistência de ar + gotas carregadas eletricamente.

As avaliações durante condução dos experimentos foram: cobertura superficial em papel hidrossensível, tamanho de gotas e depósito de calda fitossanitária, realizadas apenas na primeira aplicação dos experimentos. Além disso, foram realizadas avaliações de controle de mosca branca e produtividade da cultura da soja.

Papeis hidrossensíveis (76X26 mm Syngenta, SYN7626) para determinação da cobertura superficial e tamanho de gotas, e folhas de acetato (5x2.5 mm, PV CRISTAL –

0,15 μm) para determinação do depósito de calda fitossanitária, foram predispostos nos terços superior, médio e inferior da soja, sendo fixados nas folhas em dois vasos de cada parcela experimental. Para o depósito, os acetatos foram colocados tanto na parte adaxial como na abaxial das folhas. Para a cobertura e tamanho de gotas, os papéis foram colocados apenas na parte adaxial das folhas, devido à dificuldade de leitura pelos softwares de gotas com diâmetros menores que 80 μm (Salyani et al., 2013), sendo que essas são as que mais atingem a face abaxial. Logo após as aplicações, os papéis hidrossensíveis foram levados ao laboratório para serem digitalizados por escâner de mesa, possibilitando a quantificação do percentual de área coberta pelas gotas em relação a área total do papel e o tamanho de gotas representado pelo diâmetro de gotas (μm) em que 10, 50 e 90% do volume pulverizado foi medido e representado por valores de $D_{v0,1}$; $D_{v0,5}$ e $D_{v0,9}$ com auxílio do software Gotas (Chaim et al., 2006).

Os acetatos coletores representam o que ocorreu com o depósito de calda nas folhas, uma vez que não seria possível separar a calda que chegou na parte adaxial da parte abaxial. A quantificação de produto depositado foi realizada pelo método descrito por Oliveira e Machado-Neto (2003). Os acetatos foram acondicionados em saco de plástico e posteriormente adicionado uma solução 0,2N de HCl (50 mL) para extração do cobre (oxicloreto cobre) presente no Diferê® e assim, mantidos por 60 minutos em repouso para extração do elemento da superfície dos acetatos. Em seguida, as amostras foram filtradas e, com a curva de calibração obtida por meio de soluções-padrão, foram analisadas utilizando um espectrofotômetro de absorção atômica (Thermo científico, iCE 3000 Series), obtendo-se a concentração de íon de cobre presente na solução. As concentrações obtidas nas leituras do espectrofotômetro foram correlacionadas às áreas do acetato, resultando na quantidade de Cu^{+2} expressa em $\mu\text{g cm}^{-2}$.

Para a quantificação exata do quanto é possível extrair de Cu^{+2} da folha de acetato transparente, foi realizado o teste de recuperação do íon no acetato, anteriormente a aplicação em vaso. Foi verificado que 92,72% de cobre é recuperado durante a extração em laboratório, por tanto, os resultados de depósito de calda fitossanitária foram corrigidos para 100% para efeito de comparação.

O monitoramento prévio, considerado nos experimentos, foi realizado no dia anterior a primeira aplicação. Foram realizadas contagens de ninfas do inseto após 3, 7, 14, 21 e 28 dias a primeira aplicação, sendo que um dia após a sétima avaliação foi realizada a segunda aplicação. Procedeu-se a contagem de ninfas por trifolíolo no terço médio das plantas, de todas as plantas, chegando ao número de ninfas/folíolo nas plantas da soja (Lima e Lara, 2004), com auxílio de lupa de bolso (aumento de 20x).

Para avaliação da produtividade, todas as plantas de soja foram colhidas manualmente em plena maturação (segunda quinzena de fevereiro de 2021), dentro de cada parcela. A produção de grãos foi acondicionada em sacos de papel previamente identificados e levados para o laboratório para pesagem. A umidade dos grãos foi determinada por um medidor de umidade de grãos G650i (Gehaka®) e os dados de pesagem de cada parcela foram corrigidos para 13%. Posteriormente, os valores corrigidos foram transformados para produtividade em kg ha⁻¹, sendo considerado 19 plantas por metro.

2.2. Análise estatística

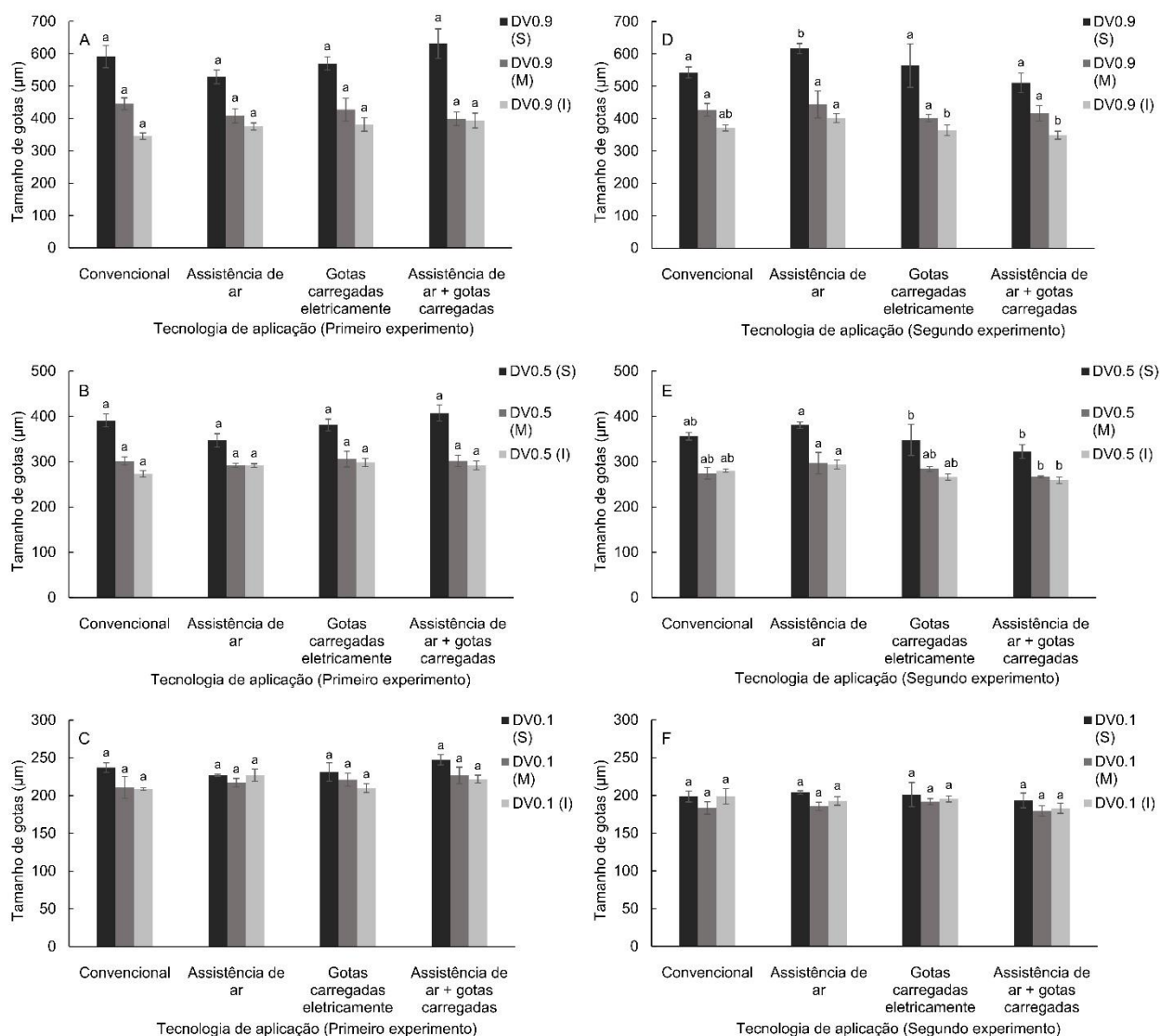
Os dados obtidos foram transformados em $\sqrt{(X + K)}$, onde X são os dados e $K = 1$, e foram submetidos aos testes de normalidade dos erros (Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (Levene), ambos a nível de 5% de significância. Os resultados de cobertura superficial, depósito de calda fitossanitária, tamanho de gotas e produtividade foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Além disso, o número de ninfas/folíolo foi submetido à análise de medidas repetidas no tempo e dois fatores longitudinais (técnica de aplicação e contagem nos dias). O software utilizado para realização da estatística foi o R Development Core Team (2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Tamanho de gotas

Os resultados de tamanho de gotas estão disponíveis na Figura 3 A, B e C e Figura 3 D, E e F para o primeiro e o segundo experimento, respectivamente. As técnicas de aplicação não produziram gotas de tamanho diferentes dentro de cada terço analisado para $D_{V0,9}$, $D_{V0,5}$, $D_{V0,1}$, no primeiro experimento.

No segundo experimento foram observadas diferenças apenas para $D_{V0,9}$ nos terços superior e inferior, e $D_{V0,5}$ nos terços superior, médio e inferior. No $D_{V0,9}$ superior a aplicação com assistência de ar apresentou maior valor (616,34 μm).



*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos dentro de cada terço e cada D_v avaliados. Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Figura 3. Tamanho de gotas em μm analisado no Programa Gotas em função das tecnologias de aplicação nos terços superior (S), médio (M) e inferior (I), sendo $D_{v0,9}$ (A), $D_{v0,5}$ (B), $D_{v0,1}$ (C) para o primeiro experimento e $D_{v0,9}$ (D), $D_{v0,5}$ (E), $D_{v0,1}$ (F) para o segundo experimento.

As gotas pulverizadas no campo quando chegam e mancham os papéis hidrossensíveis podem não representar o diâmetro real da gota, devido a expansão que as manchas sofrem no momento que atingem os papéis (Baio et al., 2015). Além disso, gotas muito pequenas podem evaporar no trajeto até o alvo e podem sofrer deriva, não sendo depositadas no papel, ampliando a diferença para cima nos diâmetros de gotas

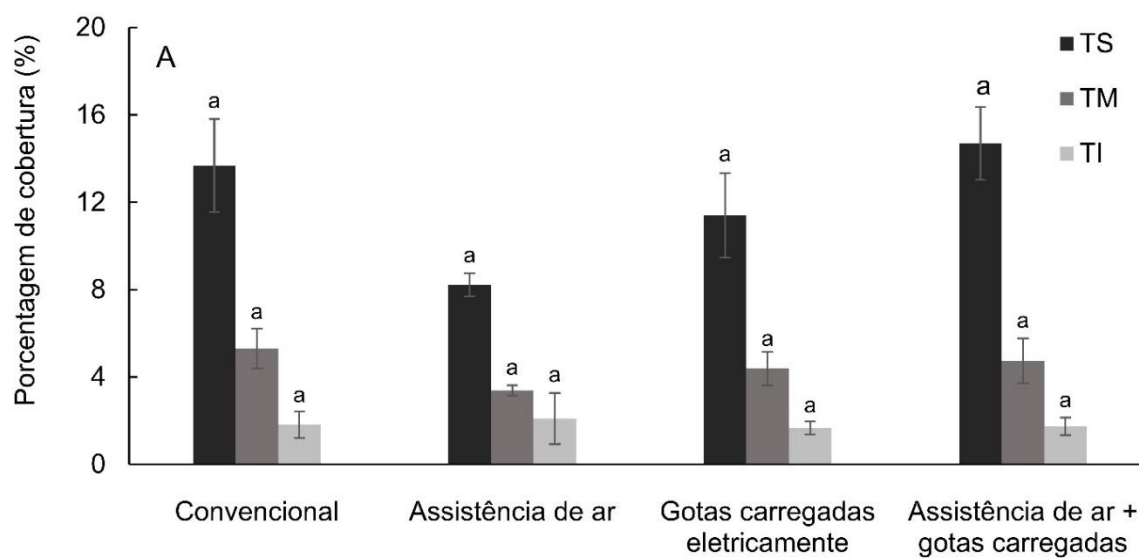
observados por este método. Por isso, esta análise de gotas foi utilizada para efeito de comparação entre as aplicações para as diferentes técnicas em campo e não para classificação do tamanho de gotas.

Os espectros de gotas de pulverização ($D_{V0,9}$, $D_{V0,5}$ e $D_{V0,1}$) não resultaram em diferenças entre os tratamentos para o primeiro experimento. Resultados semelhantes foram observados por Martin e Latheed (2017), onde o uso de pulverizador eletrostático (ligado e desligado) e bico rotativo, não resultou em diferenças no espectro de gotas. Assim, a eletrificação das gotas e a adição de assistência de ar no jato de pulverização não alteraram o tamanho de gotas, com o uso da ponta de pulverização de energia hidráulica (TXA80015VK) no primeiro experimento. Por outro lado, a eletrificação e assistência de ar alteraram o espectro de gotas para $D_{V0,9}$ nos terços superior e inferior, e $D_{V0,5}$ nos terços superior, médio e inferior, no segundo experimento.

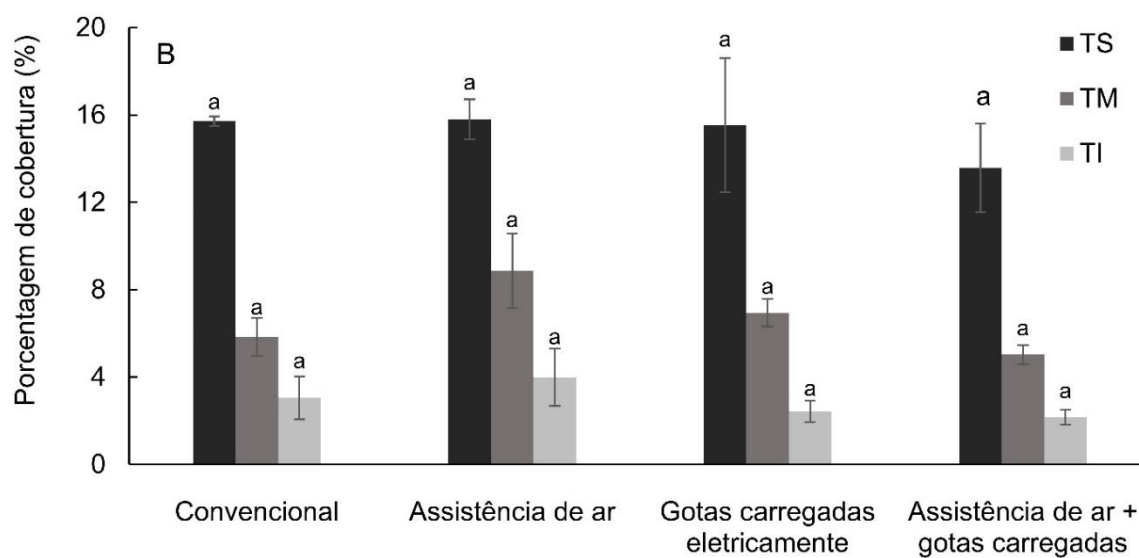
A diferença presente apenas no segundo experimento para alguns terços e alguns diâmetros volumétricos, pode ser em função da cor clara de gotas pequenas no papel potencializar a dimensão das maiores, que possuem o centro escuro com halos acidentalmente mais claros (Garcia et al., 2004).

3.2. Cobertura superficial

Os resultados da análise de porcentagem de cobertura superficial em papel hidrossensível estão apresentados na Figura 4A para o primeiro experimento e na Figura 4B para o segundo experimento.



Tecnologia de aplicação (Primeiro experimento)



Tecnologia de aplicação (Segundo experimento)

*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos dentro de cada terço avaliado. Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 4. Porcentagem de cobertura superficial nos terços superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) em função das tecnologias de aplicação utilizada para controle de *Bemisia tabaci*, para o primeiro experimento (A) e para o segundo experimento (B).

A porcentagem de cobertura não apresentou diferenças entre as técnicas de aplicação para nenhum terço das plantas avaliadas (superior, médio e inferior), em ambos os experimentos. A aplicação convencional apresentou 5,30% de cobertura no terço médio das plantas, enquanto na aplicação com assistência de ar e gotas carregadas eletricamente foi de 4,74%, no primeiro experimento. No segundo experimento, a cobertura da aplicação com assistência de ar foi de 8,87%, enquanto na aplicação com assistência de ar mais gotas carregadas eletricamente foi de 5.03%.

A eficiência de uma aplicação requer cobertura superficial e depósito de calda adequados para que se possa atingir o alvo na cultura de interesse. Gotas finas produzidas durante pulverização são mais facilmente carregadas pelo vento e mais sujeitas a evaporação, conseqüentemente, menos seguras do ponto de vista ambiental (Sasaki et al., 2015). Por outro lado, proporcionam maior cobertura do alvo, sendo indicadas para aplicação de fungicida e inseticida, principalmente os de contato, que necessitam maior uniformidade de distribuição de calda para controle do alvo.

A aplicação de gotas carregadas eletricamente e assistência de ar pode reduzir perdas por evaporação e deriva, uma vez que, as gotas carregadas possibilitam atração mútua entre as gotas mais finas e a planta, inclusive na face abaxial das folhas e principal local onde a mosca branca se aloja (Matthews et al., 2014; Chaim e Wadt, 2015). A assistência de ar pode melhorar a penetração e distribuição das gotas pelo dossel da cultura, principalmente aquelas que possuem elevada densidade foliar.

As avaliações de papel hidrossensível revelaram que embora o tamanho de gotas tenha sido diferente para alguns terços das plantas no segundo experimento, não resultaram em diferenças na cobertura superficial para os terços superior, médio e inferior.

As gotas carregadas eletricamente são mais fortemente atraídas para o terço superior das plantas, região está mais exposta ao meio externo do dossel da cultura. Por isso é necessário que as gotas sejam conduzidas ao interior do dossel (Magno Júnior et al., 2014; Sasaki et al., 2015). No cultivo de citros, igualmente ao relatado neste trabalho, os percentuais médios de cobertura entre aplicação com e sem gotas carregadas

eletricamente não apresentaram diferenças, além disso, o terço superior foi o que apresentou maior cobertura de 16,74% (Magno Júnior et al., 2011).

A funcionalidade do uso de assistência de ar depende do estágio de desenvolvimento da cultura e da velocidade do vento produzido pelo pulverizador. A avaliação de cobertura superficial foi realizada no estágio reprodutivo (R1) da soja, período em que a cultura atinge seu máximo desenvolvimento e índice de área foliar (Santos, 2016). Portanto, a não diferença entre os tratamentos pode ser atribuída a interceptação imposta pela cobertura vegetal, recorrente da presença e desenvolvimento dos folíolos e do adensamento da cultura.

A velocidade de ar do ventilador de 29 km h⁻¹ melhorou a cobertura superficial dos terços médios e inferiores das plantas de soja (Prado et al., 2010), diferente do relatado neste trabalho, onde a velocidade de 21,6 km h⁻¹ não implicou em incremento de cobertura.

O uso de assistência de ar com velocidade de 21,6 km h⁻¹ e gotas carregadas eletricamente, no estágio R1 da soja, provocaram o mesmo efeito de cobertura superficial em relação a aplicação convencional.

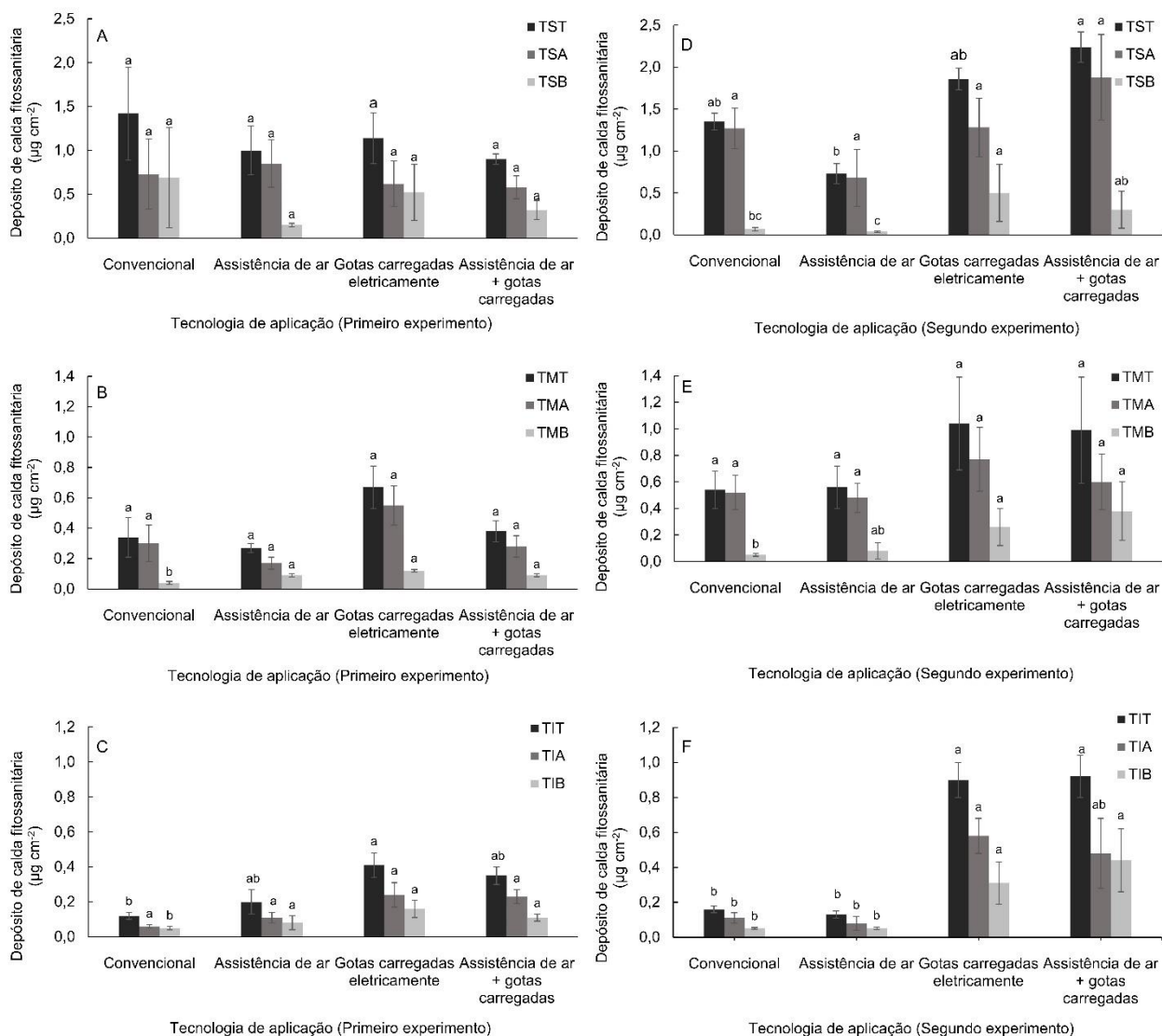
3.3. Depósito de calda fitossanitária

Analisando os resultados de depósito de calda fitossanitária no primeiro experimento é possível observar que, ocorreram diferenças entre as técnicas de aplicação apenas nos terços médio abaxial e inferior total (Figura 5 A, B e C). No terço médio abaxial o depósito com pulverização convencional foi o que apresentou menor valor (0,04 µg cm⁻²), diferindo das aplicações com assistência de ar (0,09 µg), gotas carregadas eletricamente (0,12 µg cm⁻²) e assistência de ar mais gotas carregadas eletricamente (0,09 µg cm⁻²). Para o depósito no terço inferior total, a aplicação com gotas carregadas eletricamente (0,41 µg cm⁻²) foi a de maior valor, não diferindo da aplicação com assistência de ar (0,20 µg cm⁻²) e assistência de ar mais gotas carregadas

eletricamente ($0,35 \mu\text{g cm}^{-2}$). Por outro lado, estas duas aplicações não diferiram da aplicação convencional ($0,12 \mu\text{g cm}^{-2}$).

No segundo experimento foram encontradas diferenças nos terços superior total, superior abaxial, médio abaxial, inferior total, inferior adaxial e inferior abaxial (Figura 5 D, E e F). A aplicação com assistência de ar mais gotas carregadas eletricamente foi que proporcionou maior depósito de calda no terço superior total ($2,24 \mu\text{g cm}^{-2}$), não diferindo das aplicações com gotas carregadas eletricamente ($1,86 \mu\text{g cm}^{-2}$) e convencional ($1,35 \mu\text{g cm}^{-2}$). No terço superior abaxial a pulverização com gotas carregadas o depósito foi de $0,50 \mu\text{g cm}^{-2}$, não diferindo da pulverização com assistência de ar mais gotas carregadas eletricamente ($0,30 \mu\text{g cm}^{-2}$). Além disso, a pulverização com assistência de ar foi a que apresentou menor valor ($0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$), não sendo diferente da convencional ($0,07 \mu\text{g cm}^{-2}$).

Ainda sobre o segundo experimento, o depósito de calda no terço médio abaxial foi de $0,38 \mu\text{g cm}^{-2}$ e $0,26 \mu\text{g cm}^{-2}$ nas aplicações com assistência de ar mais gotas carregadas e gotas carregadas eletricamente, respectivamente. Estes não apresentaram diferença para a aplicação com assistência de ar ($0,08 \mu\text{g cm}^{-2}$), porém foram diferentes da convencional $0,02 \mu\text{g cm}^{-2}$ (Figura 5E). No terço inferior total as aplicações com gotas carregadas ($0,90 \mu\text{g cm}^{-2}$) e assistência de ar mais gotas carregadas ($0,92 \mu\text{g cm}^{-2}$), apresentaram os maiores valores, diferindo da convencional ($0,12 \mu\text{g cm}^{-2}$) e assistência de ar ($0,10 \mu\text{g cm}^{-2}$). O depósito no terço inferior adaxial foi maior com aplicação com gotas carregadas ($0,58 \mu\text{g cm}^{-2}$), não sendo diferente da aplicação com gotas carregadas mais assistência ($0,44 \mu\text{g cm}^{-2}$). No terço inferior abaxial as aplicações com gotas carregadas ($0,31 \mu\text{g cm}^{-2}$) e assistência de ar mais gotas carregadas ($0,48 \mu\text{g cm}^{-2}$), apresentaram os maiores valores, diferindo da convencional ($0,01 \mu\text{g cm}^{-2}$) e assistência de ar ($0,01 \mu\text{g cm}^{-2}$) (Figura 5F).



*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos dentro de cada terço avaliado. Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 5. Depósito de calda fitossanitária em função das tecnologias de aplicação utilizada para controle de *Bemisia tabaci*, nos terços superior total (TST), superior adaxial (TSA), superior abaxial (TSB), médio total (TMT), médio adaxial (TMA), médio abaxial (TMB), inferior total (TIT), inferior adaxial (TIA) e inferior abaxial (TIB), para o primeiro experimento (A, B e C) e para o segundo experimento (D, E e F).

Para melhorar a eficiência da pulverização no controle de mosca branca na soja, é necessário identificar qual tratamento resulta melhor penetração e depósito das gotas no dossel médio e inferior das plantas, na face abaxial das folhas.

O depósito analisado em algodão maduro entre os terços superior e inferior das plantas e, entre as faces adaxiais e abaxiais, apresentou diferenças na avaliação com aplicação convencional, assistência de ar e gotas carregadas eletricamente (Sumner et al., 2000), corroborando com os resultados observados neste trabalho. Esses resultados podem ser explicados pela arquitetura das plantas de soja e algodão, que apresentam alto enfolhamento e adensamento no período reprodutivo, fazendo com que as gotas sejam depositadas gradativamente do terço superior para o inferior, ou seja, maior depósito no superior e menor no inferior (Santos, 2016; Sasaki et al., 2015).

Aplicações com velocidades assistidas por ar de 36 e 54 km h⁻¹ não aumentaram o depósito nas folhas em comparação com o obtido por pulverização convencional. Esses resultados foram observados sem o uso de vento em túnel de vento, com uso de algodão artificial e gotas finas (88 µm). A razão para isso pode ser alta turbulência gerada por essas velocidades de assistência de ar, provocando deriva das gotas (Bayat e Bozdogan, 2005).

As diferenças encontradas nos terços superior, médio e inferior para o depósito de calda não foram encontradas na avaliação de cobertura superficial, provavelmente essa diferença ocorreu pela deposição de gotas menores que 80 µm, uma vez que existe dificuldade de leitura pelos softwares de gotas deste tamanho na análise de cobertura (Salyani et al., 2013). Por tanto, para a determinação de qual técnica de aplicação proporciona melhor penetração de calda nos terços médios e inferiores das plantas, é necessário considerar o depósito e, não somente a cobertura superficial.

Além disso, as diferenças e as variações dos valores mesmo que não significativas, indicam o potencial do uso de assistência de ar associado ao carregamento de gotas podem trazer para incremento de depósito de calda, principalmente nos terços abaxiais das folhas. Para esse efeito, são recomendados ventiladores que proporcionem maior velocidade de vento e pontas que formem gotas mais finas, em relação aos que foram utilizados neste trabalho.

3.4. Número de ninfas/folíolo de *Bemisia tabaci* em função das técnicas de aplicação

Os resultados do número de ninfas/folíolo de mosca branca para os efeitos principais, tratamento e dia, estão apresentados na Tabela 2.

No primeiro experimento, todos os tratamentos mostram-se diferentes quando comparados a testemunha (não tratada), sendo que a testemunha apresentou maior número de ninfas. Esse resultado também foi encontrado para o segundo experimento.

Para o efeito principal dia no primeiro experimento, um dia antes da primeira aplicação foi o momento em que ocorreu maior número de ninfas/folíolo, se diferenciando das demais avaliações. As avaliações de 3 e 7 dias após a primeira aplicação apresentaram resultados não significativos. Após a terceira avaliação (7 DAP), o número de ninfas foi reduzindo até a última contagem (28 DAP), que apresentou 1,74 ninfas/folíolo.

Diferentemente ao que ocorreu no primeiro experimento, no segundo experimento o número de ninfas não apresentou diferenças entre um antes da primeira aplicação, 3 DAP e 7 DAP. A partir de 7 DAP e, também da segunda aplicação, as ninfas reduziram até a última avaliação.

Tabela 2. Número de ninfas/folículo de *Bemisia tabaci* para os efeitos principais (tratamento e dia) em função das técnicas de aplicação, para o primeiro e segundo experimento.

Primeiro experimento				Segundo experimento			
Efeito principal				Efeito principal			
Tratamento		Dia		Tratamento		Dia	
1	7,02 a ¹	1 antes ²	8,73 a ¹	1	10,69 a ¹	1 antes	10,91 a ¹
2	5,19 b	3 DAP ³	7,02 b	2	7,71 b	3 DAP	10,71 a
3	5,08 b	7 DAP	6,23 b	3	7,90 b	7 DAP	10,47 a
4	4,84 b	14 DAP	4,64 c	4	7,70 b	14 DAP	7,58 b
5	4,12 b	21 DAP	3,17 d	5	7,63 b	21 DAP	6,21 c
		28 DAP	1,74 e			28 DAP	3,93 d
Erro médio padrão		0,14		Erro médio padrão		0,17	
p-Valor		<0,001		p-Valor		<0,001	

¹Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). ²Antes = um dia antes a primeira aplicação. ³DAP = dias após a primeira aplicação. Tratamento 1 = testemunha; 2 = convencional; 3 = assistência de ar; 4 = gotas carregadas eletricamente; 5 = assistência de ar + gotas carregadas.

Na análise de medidas repetidas no tempo, a interação entre tratamento e dia foi significativa ($p < 0,001$), para os dois experimentos. A evolução da população de ninfas de mosca branca está apresentada na Figura 6A para o primeiro experimento e na Figura 6B para o segundo experimento. Para a avaliação prévia (1 antes), não ocorreu diferença entre os tratamentos, indicando que a infestação se apresentou uniforme antes das aplicações, em ambos os experimentos.

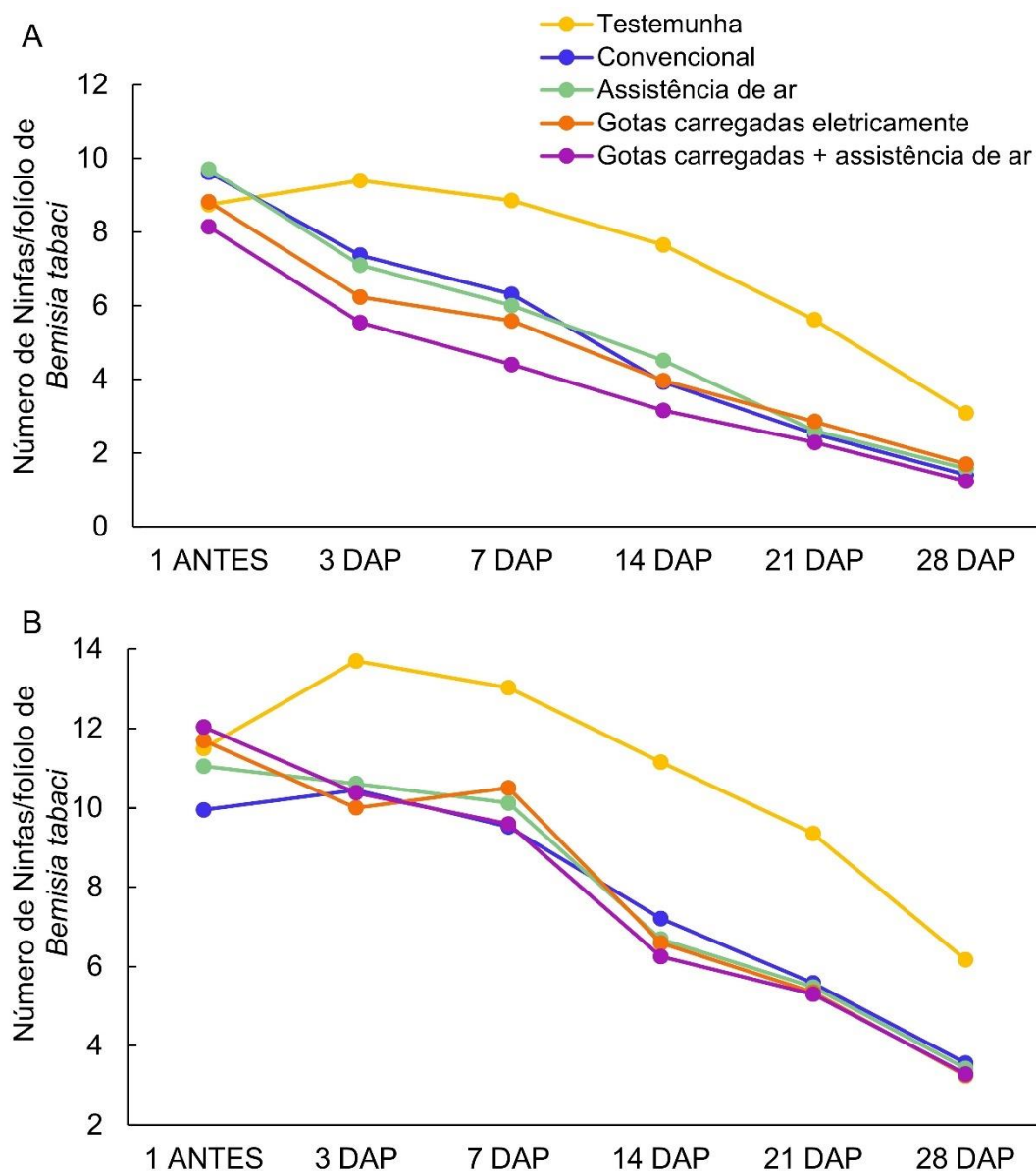


Figura 6. Número de ninfas de *Bemisia tabaci* por folículo de soja em função das tecnologias de aplicação, para o primeiro experimento (A) e para o segundo experimento (B).

No primeiro experimento, a população da testemunha começou a reduzir a partir de 3 DAP, porém essa redução foi significativa apenas a partir de 21 DAP. Nos tratamentos com aplicação convencional e com assistência de ar, a população reduziu com a primeira aplicação de forma significativa apenas a partir de 7 DAP, além disso a população entre 3 e 7 DAP não diferiu. Posteriormente a avaliação de 7 DAP, a população

reduziu de forma significativa, só a avaliação entre 14 e 21 DAP que não se mostrou diferente.

Ainda sobre o primeiro experimento, as aplicações com gotas carregadas eletricamente e com assistência de ar + gotas carregadas reduziram a população de ninfas de forma expressiva e significativa já na primeira avaliação (3 DAP) após a primeira aplicação, enquanto a população entre 3 DAP e 7 DAP não apresentou diferenças. Posteriormente a segunda aplicação e 7 DAP, as populações reduziram significativamente para esses tratamentos, só a avaliação entre 14 e 21 DAP que apresentou resultados semelhantes.

No segundo experimento, o número de ninfas/folíolo na testemunha da avaliação prévia para a avaliação de 3 DAP aumentou de maneira expressiva, depois foi sutilmente reduzindo até o 21 DAP, que reduziu significativamente até 28 DAP. O comportamento das aplicações convencional, assistida de ar, gotas carregadas e assistência de ar mais gotas carregadas foram similares aos tratamentos correspondentes do primeiro experimento.

Na comparação entre os tratamentos para cada dia avaliado no primeiro experimento, na avaliação 3 DAP a testemunha não diferiu das aplicações convencional e assistida de ar, porém diferiu das gotas carregadas e gotas carregadas mais assistência de ar. Além disso, a convencional e a assistência de ar não diferiram de gotas carregadas e da assistência de ar mais gotas carregadas, o mesmo ocorreu na avaliação de 7 DAP. No segundo experimento na avaliação de 3 DAP, os tratamentos convencional e assistido de ar não diferiram da testemunha e nem do carregamento de gotas e das gotas carregadas mais assistência de ar, porém esses dois últimos tratamentos diferiram da testemunha. Já na avaliação de 7 DAP, a testemunha não diferiu da assistência de ar e carregamento de gotas, e foi diferente da convencional e gotas carregadas mais assistência de ar, enquanto esses dois últimos não apresentaram diferenças em comparação a aplicação convencional e gotas carregadas mais assistência de ar.

As comparações entre os tratamentos para cada dia avaliado foram similares em alguns casos nos dois experimentos. Nas avaliações 14 e 21 DAP os experimentos tiveram comportamento semelhante, onde as parcelas tratadas foram diferentes

comparados a testemunha. Já na última avaliação (28 DAP), os tratamentos não apresentaram diferenças entre si, inclusive em relação a testemunha. Para 3 DAP os tratamentos: convencional e assistido por ar, não apresentaram diferenças em comparação com a testemunha. Por outro lado, as gotas carregadas e gotas carregadas mais assistência de ar, foram diferentes da testemunha, mas não foram diferentes da convencional e assistência de ar. Em 7 DAP, os tratamentos se diferenciaram em relação a testemunha. Porém no segundo experimento os tratamentos assistido de ar e gotas carregadas não foram diferentes a testemunha, devido ao aumento das populações, além disso as parcelas tratadas não diferiram entre si.

Na cultura do tomateiro, o ciclo do inseto durou aproximadamente 22,3 dias, do ovo a fase adulta, sob condições de 65% de umidade relativa e 25°C de temperatura (Salas e Mendoza, 1995). Resultado semelhante a este trabalho, onde ocorreu redução natural de mosca branca na soja da avaliação prévia até o último dia de contagem (28 DAP), principalmente na testemunha.

Para as avaliações entre 3 e 7 DAP e entre 14 e 21 DAP de forma não significativa, as populações reduziram sutilmente e em alguns casos como tratamento, as ninfas aumentaram principalmente no segundo experimento. Esses resultados podem ser devido a eclosão de ovos, que anteriormente a esse processo se encontravam no terço superior abaxial das folhas, e com o desenvolvimento da cultura ao eclodirem foram para o terço médio abaxial, sendo que os ovos de mosca branca levam de 3 a 6 dias para eclodirem correspondendo ao período de crescimento da soja, dependendo as condições ambientais (Yang et al., 2010; Silva et al., 2013).

A ocorrência de chuvas pode afetar a quantidade e a ação dos produtos depositados sobre as folhas das plantas, por diluição, redistribuição e remoção física da superfície das plantas (Thacker e Young, 1999), influenciando diretamente a eficácia das aplicações de produtos fitossanitários (Ferreira et al., 2013; Stefanello et al., 2016).

Decaro et al. (2016) objetivando avaliar o efeito de chuva artificial após aplicação de produtos, verificaram que uma chuva de 10 mm, em intervalos de tempo após a aplicação de 1 hora, 6 horas, 12 horas e 24 horas, foram suficientes para diminuir a quantidade de calda depositada, em comparação com a testemunha (sem chuva). Esses

estudos possivelmente explicam a ocorrência não significativa da redução de ninfas entre as avaliações 3 e 7 DAP no segundo experimento, já que 45 min após a aplicação ocorreu uma chuva de 10 mm.

O produto utilizado neste trabalho é tem o piriproxifem como ingrediente ativo com característica de não ser um inseticida choque, sua atuação na redução e no controle de ovos e ninfas se dá ao longo do desenvolvimento das plantas (Fernandes, et al., 2017). As avaliações de ninfas para cada tempo avaliado entre os tratamentos, mostraram que os valores para as parcelas tratadas só foram diferentes da testemunha a partir de 14 DAP. Sparks e Nauen (2015) e Nakano (2010) relataram que esse produto provoca distúrbios no equilíbrio hormonal, impedindo que os insetos das formas jovens se tornem adultos, provocando efeitos ao longo do ciclo do inseto e da planta.

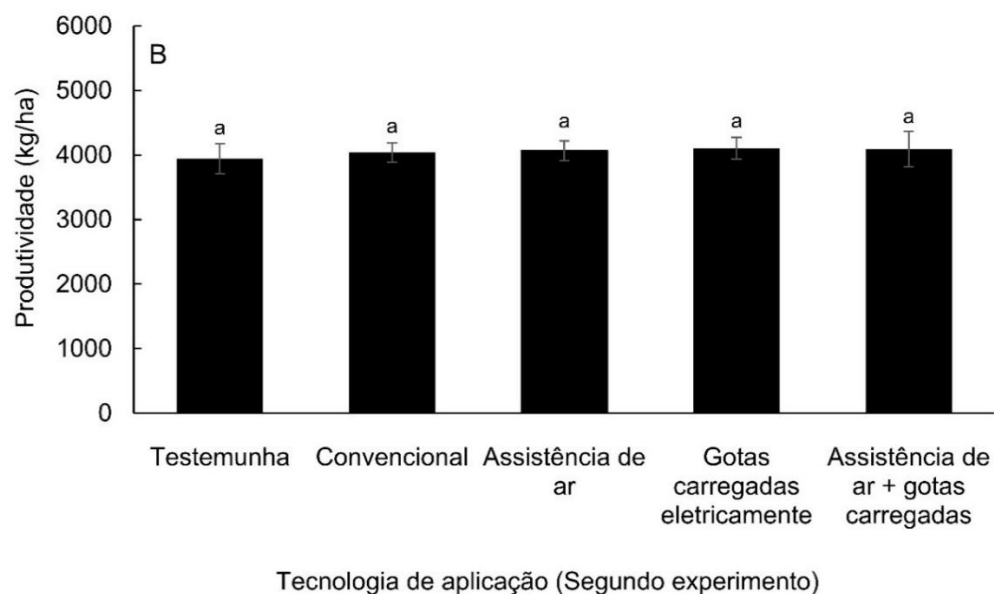
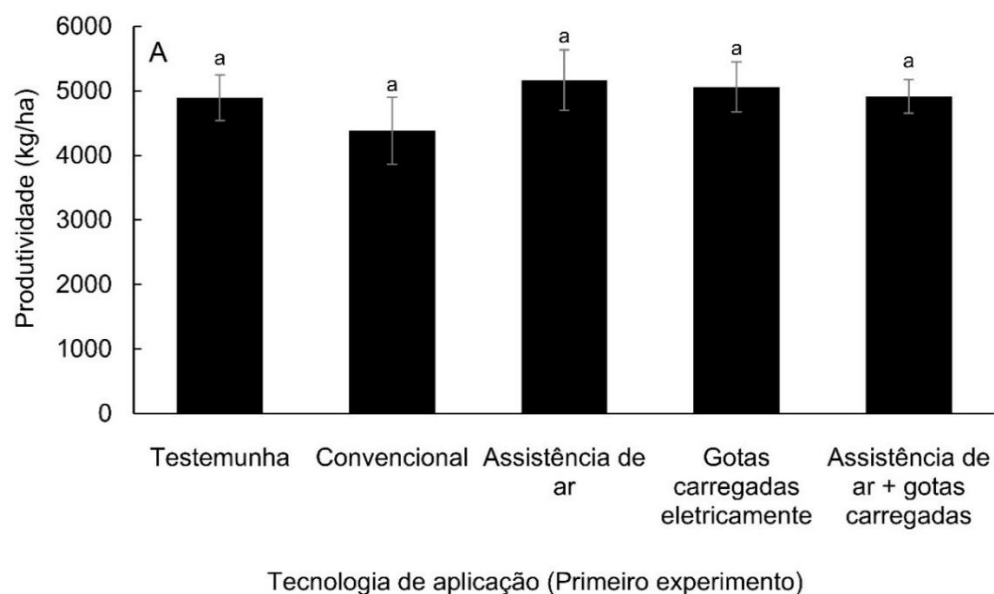
As aplicações com gotas carregadas eletricamente e gotas carregadas associadas a assistência de ar, apesar de não apresentarem diferenças de ninfas/folíolo em comparação a convencional e assistência de ar, apresentaram diferenças comparadas à testemunha, se mostraram mais eficientes na primeira avaliação após a primeira aplicação, tendo em vista que. O depósito de calda no terço médio e inferior abaxial foi maior para gotas carregadas e gotas carregadas mais assistência do que as aplicações convencional e assistida de ar, e maiores depósitos implicam em maior eficiência de controle de insetos (Serra, 2008).

O uso de gotas carregadas eletricamente mais assistência demonstrou valores promissores de depósito de calda fitossanitária, podendo existir incremento ao se usar velocidade de vento da assistência de ar maior ao usado neste trabalho.

3.5. Produtividade da soja

Para a produtividade da cultura é possível observar que não ocorreu diferença entre as técnicas de aplicação e a testemunha, sendo que os valores ficaram entre 3900

e 5200 kg ha⁻¹. Os resultados de produtividade estão apresentados na Figura 7A e 7B para o primeiro experimento e segundo experimento, respectivamente.



*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos. Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 7. Produtividade de soja em função das tecnologias de aplicação utilizada para controle de *Bemisia tabaci*, para o primeiro experimento (A) e para o segundo experimento (B).

A produtividade do segundo experimento, no geral, foi menor que a do primeiro experimento. Na aplicação com assistência de ar mais gotas carregadas eletricamente foi de 4936 kg ha⁻¹ para o primeiro experimento, por outro lado, no segundo experimento a produtividade foi de 4092 kg ha⁻¹, redução aproximada de 850 kg ha⁻¹. Redução semelhante foi observada para os demais tratamentos.

Para a cultivar P98R31, a maior ocorrência de *B. tabaci* ocorreu no estágio reprodutividade R3 da soja e no tratamento sem aplicação de inseticida, sendo que a infestação de mosca diminuiu naturalmente do estágio R3 para R6, mesmo onde não ocorreu tratamento fitossanitário (Vieira et al., 2013). Para a cultivar utilizada neste trabalho, os maiores números de ninfas foram encontrados entre os estádios R1 e R2, e a infestação do inseto diminuiu naturalmente entre os estádios R4 e R5. Além disso, não foram observadas plantas com sintomas de necrose do caule da soja e presença de fumagina.

O estudo de produtividade da soja em função de diferentes momentos no controle da mosca branca, indica que seja evitado o uso de inseticidas no controle deste inseto quando o número de ninfas/folíolo for inferior a 40, para a cultivar P98R31 (Vieira et al., 2013).

A não ocorrência de diferenças para a produtividade neste estudo entre os tratamentos pode estar associado a baixa infestação de mosca branca na cultura, uma vez que, ocorreu semelhança de produtividade entre testemunha não tratada e um tratamento com aplicação, quando as plantas atingiram 40 ninfas/folíolo (Vieira et al., 2013). A redução natural da população e fatores meteorológicos também podem estar associados a falta de significância entre os tratamentos.

Além disso, foi observada a presença de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) nos experimentos, principalmente no segundo experimento que foi semeado 15 dias após o primeiro. O fungo causador do mofo branco é responsável por reduções médias de rendimento na cultura da soja da ordem de 20% a 30%, podendo chegar a 70% em alguns cultivos (Meyer et al., 2019).

A redução de produtividade do segundo experimento em relação ao primeiro experimento, pode ser em função da maior presença de mofo no segundo experimento. No período entre o início da floração e o final da formação de vagens, a temperatura ficou próxima a 23° e umidade relativa 80%, essas condições favorecem a vulnerabilidade da soja à infecção por *S. sclerotiorum* (Meyer et al., 2014).

Destes resultados observa-se que o monitoramento integral do cultivo, incluindo os fatores edafoclimáticos, com o manejo adequado, pode implicar em menor quantidade de aplicações, ou em aplicações mais adequadas sem comprometimento da produtividade devido à interferências fitossanitárias.

4. CONCLUSÃO

A pulverização realizada com assistência de ar em associação com gotas carregadas eletricamente não alterou a produtividade da soja e o controle de mosca branca em relação à aplicação convencional.

5. REFERÊNCIAS

Appah S, Wang P, Ou M, Gong C, Jia W (2019) Review of electrostatic system parameters, charged droplets characteristics and substrate impact behavior from pesticides spraying. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, 12:1-9.

Baio FHR, Scarpin IM, Silva EE (2015) Papel hidrossensível e alternativo fotográfico em ensaios de deposição de gotas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** 9:339-347.

Baldin ELL, Cruz PL, Morando R, Silva IF, Bentivenha JPF, Tozin LRS, Rodrigues TM (2017) Characterization of Antixenosis in Soybean Genotypes to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. **Journal of Economic Entomology** 110:1869-1876.

Bayat A, Bozdogan NY (2005) An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on 461 spray deposition and reduction of drift potential. **Crop Protection** 24:951-960.

Bortolotto OC, Pomari-Fernandes A, Bueno RCOF, Bueno AF, Kruz YKS, Queiroz AP, Sanzovo A, Ferreira RB (2015) The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology** 1:25-32.

Chaim A, Neto JC, Pessoa MCPY (2006) **Uso do programa computacional Gotas para avaliação da deposição de pulverização aérea sob diferentes condições climáticas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 23 p. (Embrapa-Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 39).

Chaim A, Wadt LGR (2015) **Pulverização eletrostática: a revolução na aplicação de agrotóxicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 7 p. (Embrapa-Meio Ambiente).

Chaim A, Wadt LGR (2015) **Pulverização eletrostática: a revolução na aplicação de agrotóxicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 7 p. (Embrapa-Meio Ambiente).

Decaro RA, Decaro Júnior ST, Ferreira MDC (2016) Depósito de caldas fitossanitárias sem e com adjuvantes sobre mudas de citros com diferentes intervalos para incidência de chuva artificial. **Ciência Rural** 46:13-19.

Fernandes WC, Oliveira RCM, Pastori PL, Pereira FP, Godoy MS (2017) Avaliação de inseticidas para o controle de tripses *Frankliniella* spp. em roseira. **Revista Agropecuária Técnica** 1:34-40.

Ferreira MC, Lasmar O, Decaro Junior ST, Neves SS, Azevedo LH (2013) Qualidade da aplicação de inseticida em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), com e sem adjuvantes na calda, sob chuva simulada. **Bioscience Journal** 29:1431-1440.

Garcia CG, Ramos HH, Justino A (2004) Avaliação de softwares para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. **Revista Brasileira de Agrocomputação** 2:19-28.

Gupta P, Sirohi NPS, Mishra IM (2012) Air flow characteristics of an air-assisted sprayer through horizontal crop canopy. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering** 5:1-6.

Lima ACS, Lara FM (2004) Resistência de Genótipos de Soja à Mosca Branca *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology** 33:071-075.

Lopez V, Vos J, Polar P, Krauss U (2008) Discovery learning about sustainable management of whitefly pests and whitefly-borne viruses. **International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)** 1:12-37.

Magno Júnior RG, Teixeira MM, Fernandes HC, Rodrigues DE, Alvarenga CB (2014) Desenvolvimento de um dispositivo eletrostático para pulverizador pneumático costal. **Revista Engenharia na Agricultura – Reveng** 22:9-16.

Magno Júnior RG, Teixeira MM, Vieira LB, Ferreira LR, Alvarenga CB (2011) Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para atração de gotas da pulverização eletrostática em plantas cítricas. **Bioscience Journal** 27:798-804.

Martin DE, Latheef MA (2017) Aerial electrostatic spray deposition and canopy penetration in cotton. **Journal of Electrostatics** 90:38-44.

Matthews G, Bateman RPM (2014) **Pesticide Application Methods**. 4. ed. Wiley-Blackwell, p. 499.

Meyer MC, Campos HD, Godoy CV, Utiamada CM (2014) (Eds.). **Ensaio cooperativos de controle químico de mofo branco na cultura da soja**: safras 2009 a 2012. Londrina: Embrapa Soja, 100 p. (Embrapa Soja. Documentos, 345).

Meyer MC, Campos HD, Godoy CV, Utiamada CM, Dias AR, Jaccoud Filho DS, Medeiros FCL, Galdino JV, Nunes Junior J, Silva LHCP, Sato LN, Oliveira MCN, Martins MC, Tormen NR (2019) **Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2018/19**: resultados sumarizados dos experimentos cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, p. 5 (Embrapa Soja. Circular Técnica, 152).

Nakano, O. (2011) **Entomologia Econômica**. Piracicaba: ESALQ/USP, p 464.

Oliveira ML, Machado-Neto JG (2003) Use of manganese as tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in the safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology** 70:415-421.

Prado EP, Raetano CG, Aguiar Júnior HO, Pogetto MHFAD, Christovam RS, Gimenes MJ, Araújo D (2010) Effect of the Air Speed in Sleeve Boom on Pesticide Spray Deposition, Severity and Soybean Crop Yield. **Summa Phytopathologica** 36:45-50.

R Development Core Team (2021). **A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.

Salas J, Mendoza O (1995) Biology of the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomato. **The Florida Entomologist** 78:154-160.

Salyani M, Zhu H, Sweeb RD, Pai N (2013) Assessment of spray distribution with water-sensitive paper. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Beijing** 15:101-111.

Santos ER (2016) **Parâmetros genéticos e obtenção de genótipos de soja com ausência de lipoxigenase e características agronômicas em baixas latitudes**. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UnB, Universidade de Brasília.

Sasaki RS, Teixeira M.M, Santiago H, Madureira RP, Maciel CFM, Fernandes HC (2015) Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural** 45:508-279.

Serra ME, Chaim A, Raetano CG (2008) Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de Crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília 43:479-485.

Silva AC, Carvalho GA, Alvarenga MAR (2013) Pragas. In: ALVARENGA MAR (Ed.) **Tomate: Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. Lavras Editora Universitária de Lavras, p. 359–412.

Sparks TC, Nauen R (2015) IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 121:122-128.

Stefanello MT, Marques LN, Pinto FF, Ramos JP, Cadore PC, Balardin RS (2016) Dinâmica do controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* em plantas de soja submetidas a diferentes regimes hídricos. **Arquivos do Instituto Biológico** 83:1-6.

Sumner H, Sumner HPE, Bader M, Mullinix BG (2000) Chemical application equipment for improved deposition in cotton. **The Journal of Cotton Science** 4:19-27.

Thacker JRM, Young RDF (1999) The effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. **Pesticide Science** 55:198-200.

Vieira SS, Bueno RCOF, Bueno AF, Boff MIC, Gobbi AL (2013) Controle da mosca-branca em diferentes momentos e a produtividade da soja. **Ciência Rural** 43:247-253.

Yang NW, Li AL, Wan FH, Liu WX, Johnson D (2010) Effects of plant essential oils on immature and adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. **Crop Protection** 29:1200–1207.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de gotas menores, vento com velocidade maior na assistência de ar, avaliação em ambiente protegido e maior infestação de mosca branca, em relação aos avaliados nesta pesquisa, podem colaborar na distinção entre os tratamentos quanto ao controle do inseto.

O monitoramento do cultivo pode implicar em menor quantidade de aplicações, ou em aplicações mais adequadas sem comprometimento da produtividade.