

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA
MESTRADO PROFISSIONAL EM
CONTROLE DE DOENÇAS E PRAGAS DOS CITROS**

RAFAEL BRANDÃO GARCIA

Efeito da chuva simulada na efetividade de inseticidas para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientadora: Dra. Michele do Carmo Sousa Timossi

**Araraquara
Fevereiro 2019**

RAFAEL BRANDÃO GARCIA

Efeito da chuva simulada na efetividade de inseticidas para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientadora: Dra. Michele do Carmo Sousa Timossi

**Araraquara
Fevereiro 2019**

G216e Garcia, Rafael Brandão
Efeito da chuva simulada na efetividade de inseticidas para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) / Rafael Brandão Garcia, 2019.
26 f.

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda
Coorientadora: Dra. Michele do Carmo Sousa Timossi

Dissertação (Mestrado) – Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, 2019.

1. Precipitação pluviométrica 2. Controle químico 3. Psilídeo asiático dos citros 4. Huaglongbing I. Título

RAFAEL BRANDÃO GARCIA

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura - Fundecitrus, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade.

Araraquara, 08 de fevereiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Haroldo X. L. Volpe
Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe
Fundo de Defesa da Citricultura - FUNDECITRUS, Araraquara/SP


Dr. Humberto Vinicius Vescove
Universidade de Araraquara - UNIARA, Araraquara/SP


Dr. Marcelo Pedreira de Miranda (Orientador)
Fundo de Defesa da Citricultura - FUNDECITRUS, Araraquara/SP

Efeito da chuva simulada na efetividade de inseticidas para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Autor: Rafael Brandão Garcia

Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Coorientadora: Dra. Michele do Carmo Sousa Timossi

Resumo

O Huanglongbing (HLB) é a principal ameaça fitossanitária da citricultura mundial. O vetor das bactérias associadas à esta doença, é o psílídeo asiático dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Uma das táticas mais efetivas para o manejo do HLB, é o controle químico do psílídeo. Diversos trabalhos avaliaram a eficácia de inseticidas de contato no controle de adultos de *D. citri*. Contudo, pouco se sabe sobre a perda de efetividade dos inseticidas na ocorrência de chuvas. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de chuvas simuladas na efetividade de inseticidas comumente usados no controle de *D. citri*, e o potencial de adjuvantes em reduzir o efeito da chuva. Na primeira etapa do estudo, foi avaliada a eficácia de três inseticidas (dimetoato, fenpropatrina e imidacloprido) de grupos químicos distintos, na ausência ou ocorrência de três lâminas de chuva simulada (5, 10 e 20 mm). Posteriormente, o inseticida imidacloprido foi avaliado com adição de adjuvantes (óleo mineral e látex sintético) na ausência e ocorrência de chuva simulada (10 mm). Em geral, os resultados deste estudo mostraram que as chuvas afetaram negativamente a eficácia dos inseticidas testados para controle de adultos de *D. citri*. O grau de interferência na performance dos inseticidas variou com a lâmina da chuva e tipo de inseticida utilizado, sendo dimetoato e imidacloprido menos e mais afetado, na perda de efetividade no controle do psílídeo, respectivamente. Na presença de chuva simulada, os adjuvantes aumentaram significativamente a efetividade do inseticida imidacloprido quando comparado o mesmo inseticida utilizado isoladamente. Porém, a adição dos adjuvantes não foi suficiente para resultar em uma alta mortalidade ($\geq 80\%$) de adultos de *D. citri*. Estes resultados ajudarão os citricultores na tomada de decisão sobre a necessidade de aplicação e/ou reaplicação de inseticidas antes e depois de eventos de precipitação, e também na escolha do produto para um manejo mais assertivo do psílídeo.

Palavras-chave: precipitação pluviométrica, controle químico, psílídeo asiático dos citros, huaglongbing.

Effect of simulated rainfall on the effectiveness of insecticides for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) control

Author: Rafael Brandão Garcia

Advisor: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

Co-advisor: Dra. Michele do Carmo Sousa Timossi

Abstract

Huanglongbing (HLB) is the main phytosanitary threat of citrus worldwide. The insect vector of the bacteria associated with this disease, is the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). One of the most effective tactics for HLB management is the psyllid chemical control. Several studies have been evaluated the effectiveness of contact insecticides for the control of *D. citri*, however, little is known about the loss of effectiveness of insecticides in the occurrence of rainfall. Thus, the objective of this work was to assess the effect of simulated rainfall on the effectiveness of insecticides commonly used against *D. citri*, and the potential of adjuvants to reduce the effect of rainfall. In the first phase of this study, the effectiveness of three insecticides (dimethoate, fenpropatrin and imidacloprid) from different chemical groups was assessed in the absence and presence of three simulated rainfall levels (5, 10 and 20 mm). Afterward, the insecticide imidacloprid was assessed with addition of adjuvants (mineral oil and synthetic latex) in the absence and presence of simulated rainfall (10 mm). In general, the results of this study showed that rainfall negatively affected the effectiveness of insecticides tested for the control of *D. citri* adults. The degree of interference in the performance of insecticides ranged with the level of rainfall and type of insecticide used, being dimethoate and imidacloprid less and more susceptible to loss of effectiveness in psyllid control, respectively. In the presence of simulated rainfall, the adjuvants significantly increased the efficacy of imidacloprid when compared to the same insecticide without the addition of adjuvants. However, the addition of the adjuvants was not sufficient to result in a high mortality ($\geq 80\%$) of *D. citri* adults. These results will help citrus growers in decision making on the need for application and/or reapplication of insecticides before and after precipitation events, and in the product choice for a more assertive psyllid management.

Keywords: precipitation, chemical control, Asian citrus psyllid, HLB.

Se algum de vocês tem falta de sabedoria, peça-a a Deus, que a todos dá livremente, de boa vontade; e lhe será concedida.

Tiago 1: 5

Alegrem-se na esperança, sejam pacientes na tribulação, perseverem na oração.

Romanos 12: 12

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a Deus, por me acompanhar nesta caminhada todos os dias.

Ao Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura pela oportunidade, confiança e apoio durante a realização desse trabalho;

Ao meu orientador Dr. Marcelo Pedreira de Miranda, por ter incentivado a cursar o programa de mestrado, pela paciência, apoio e ensinamentos passados;

Agradeço em especial a Dra. Michele Souza e Dr. Odimar Zanardi, pela paciência, por me apoiar, ajudar imensamente na parte de avaliação dos bioensaios e desenvolvimento da redação de dissertação, a qual tenho muita dificuldade;

A todos os professores do programa de mestrado profissional (Mastercitrus) pelos ensinamentos, contribuindo imensamente para o meu desenvolvimento profissional;

A todos os palestrantes e demais educadores que fizeram parte dessa história de aprendizado e crescimento profissional;

Agradeço aos colegas de trabalho do Fundecitrus: Moacir Vizoni, Felipe Martini, Dr. Arthur Tomaseto, Renato de Freitas, Dr. Haroldo Volpe, João Pedro Lopes, Msc Marcelo Scapin e Gleison Oliveira, pelo apoio, dedicação e auxílio na parte prática dos experimentos, que envolve desde o processo de criação de insetos até à análise dos resultados;

Amanda Cristina Gonçalves de Oliveira, pela paciência e apoio na busca de referencial teórico para elaboração dessa dissertação.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** *Seedling* de laranjeira doce com face abaxial da folha posicionada para cima e pulverizada com corante Travicar (A). Imagem adquirida da área foliar coberta pelo corante (B) e o contraste de cores obtido pelo software ImageJ (C).....6
- Figura 2.** *Seedlings* de laranjeira tratados com inseticidas e/ou adjuvantes sob simulação de chuva..... 10
- Figura 3.** Método utilizado para avaliar a efetividade do controle químico de adultos de *Diaphorina citri* em *seedlings* de laranjeira-doce ‘Pera’ com gaiolas de confinamento do psilídeo (A). Detalhe da gaiola de confinamento com adultos de *Diaphorina citri* (B). 11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos (produtos, concentrações e simulações de chuva) utilizados no experimento para avaliar a efetividade dos inseticidas no controle de <i>Diaphorina citri</i> em citros.	7
Tabela 2. Tratamentos utilizados para avaliar a efetividade de imidacloprido e/ou adjuvantes no controle de <i>Diaphorina citri</i> em citros sob chuva simulada.....	8
Tabela 3. Mortalidade média (\pm erro padrão) de adultos de <i>Diaphorina citri</i> após 0, 5 e 10 dias após a aplicação (DAA) dos inseticidas e cinco dias de exposição aos resíduos.	14
Tabela 4. Mortalidade média (\pm erro padrão) de adultos de <i>Diaphorina citri</i> expostos ao contato residual de inseticida e adjuvantes aos cinco dias após o confinamento, com ou sem chuva simulada.	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1. Local do experimento	5
2.2. Plantas e insetos.....	5
2.3. Cobertura de pulverização	5
2.4. Aplicação de inseticidas	6
2.5. Aplicação de imidacloprido e/ou adjuvantes.....	8
2.6. Simulação de chuva	9
2.7. Avaliação do efeito da chuva simulada na efetividade de inseticidas e/ou adjuvantes no controle de <i>Diaphorina citri</i>	10
2.8. Delineamento experimental e análise de dados	11
3. RESULTADOS	12
3.1. Cobertura de pulverização	12
3.2. Efetividade dos inseticidas nas diferentes simulações de chuva para o controle de <i>Diaphorina citri</i>	12
3.3. Efetividade de imidacloprido com adição de adjuvantes no controle de <i>Diaphorina citri</i> após chuva simulada.....	16
4. DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

No Brasil as plantas cítricas foram introduzidas no início da colonização, onde adaptou-se bem as condições, assim expandindo-se por todo o território nacional. A partir da década de 1960, a produção comercial de citros cresceu em função da exportação de suco de laranja e ao longo dos anos, o país se consolidou como o maior produtor mundial de laranja (Boteon & Neves, 2005; FNP Consultoria & Comercio, 2016; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017). Desde então, a laranja é a fruta mais cultivada no país dentro do grupo dos citros, representando cerca de 90% do total produzido (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

Atualmente, o grande desafio da citricultura no setor fitossanitário é o greening ou Huanglongbing (HLB), considerada a doença mais importante e destrutiva dos citros no mundo (Bové, 2006), sendo responsável pela eliminação de mais de trinta milhões de plantas cítricas no Brasil (Bergamin-Filho et al., 2016). Um levantamento realizado pelo Fundecitrus mostrou que em 2008 a incidência de HLB era de 0,61%, já em 2018 esse valor saltou para 18,15% de árvores infectadas no estado de São Paulo e Triângulo e Sudoeste do estado de Minas Gerais (Ayres et al., 2018).

O HLB está associado às bactérias gram-negativas, de colonização restrita ao floema e não cultiváveis em meio de cultura, denominadas '*Candidatus Liberibacter africanus*', '*Ca. L. asiaticus*' e '*Ca. L. americanus*'. '*Ca. L. africanus*' é encontrada somente no continente africano e tem como inseto vetor o psílideo *Trioza erytreae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae) (Bové, 2006). No Brasil, encontram-se as bactérias '*Ca. L. asiaticus*' e '*Ca. L. americanus*' (Coletta-Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005), com predominância de '*Ca. L. asiaticus*' (99,9% das plantas infectadas) (Fundo de defesa da Citricultura, dados não publicados), sendo esta disseminadas pelo psílideo dos citros *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Capoor et al., 1967; Yamamoto et al., 2006).

Os sintomas do HLB surgem de forma setorizada na planta, em determinado galho ou ramo, sendo o moqueado irregular na folha entre os lados separados pela nervura central o principal sintoma. Com a evolução da doença, ocorre desfolha das partes afetadas e morte do ponteiro. Nos frutos, os principais sintomas são a maturação desuniforme, assimetria bilateral do endocarpo, má formação das sementes e a presença de um feixe de vasos alaranjados próximo à inserção do pedúnculo (Bové 2006).

O HLB afeta todas as variedades comerciais de citros, causando perda de produtividade e morte das plantas (Da Graça, 1991; Bové, 2006). De acordo com Gottwald (2010), as perdas de rendimento podem variar de 30 a 100%, dependendo da proporção do dossel infectado e da

idade da planta durante a inoculação das bactérias. Além disso, as árvores cítricas com HLB produzem frutos com menor tamanho e peso, proporção de sólidos mais baixos e alta acidez, reduzindo o rendimento e a qualidade do suco para a indústria (Bassanezi et al., 2009). Devido à alta suscetibilidade das variedades de citros às bactérias associadas ao HLB e a ausência de medidas curativas (Bové, 2006), no estado de São Paulo o seu manejo é baseado em três recomendações: 1) plantio de mudas sadias provenientes de viveiros certificados e protegidos de insetos vetores; 2) inspeção e erradicação de árvores sintomáticas visando reduzir a fonte de inóculo e; 3) controle de *D. citri* (Belasque Junior et al., 2010).

Com relação ao inseto vetor, *D. citri* na fase adulta tem coloração escura e mede de 2,8 a 3,2 mm de comprimento (Fernández & Miranda, 2005). Assim como para outros insetos, a duração do ciclo biológico depende principalmente da temperatura. A faixa de temperatura mais adequada para o desenvolvimento de *D. citri* é de 25 a 28 °C. Nessa faixa de temperatura ideal, o período de incubação dos ovos é de aproximadamente 4 dias, com uma duração da fase ninfal de 13 dias (do 1° ao 5° instar), sendo necessário aproximadamente 17 dias para completar seu ciclo de ovo-adulto, embora ocorram diferenças em relação aos hospedeiros (Tsai et al., 2002; Nava et al., 2007). O desenvolvimento do psíldeo é acelerado com o aumento da temperatura. Contudo, temperaturas mais altas (acima de 32,5 °C) afetam negativamente a oviposição, viabilidade dos ovos e ninfas (Nakata, 2006). A média de ovos produzida por fêmeas aumentam com o acréscimo da temperatura, assim, atingindo um total de 748,3 ovos com viabilidade de 96,2% a 28°C (Liu & Tsai, 2000). Outro aspecto importante e que interfere diretamente na sobrevivência de *D. citri*, é a umidade relativa do ar (UR), com um melhor desenvolvimento em UR superior a 50% (Gómes-Torres, 2009). No estado de São Paulo, o pico populacional de adultos de *D. citri* ocorre no final da primavera e início do verão, enquanto que no outono e inverno a população se reduz, devido ao menor fluxo vegetativo (Yamamoto et al., 2001).

A fase de desenvolvimento de *D. citri*, interfere no processo de transmissão. Ninfas e adultos de são capazes de adquirir e inocular as bactérias associadas ao HLB, no entanto, devido à sua capacidade de voo, os adultos são mais importantes para a disseminação da doença (Ammar et al., 2016). O processo de aquisição de ‘*Ca. L. asiaticus*’ pelo psíldeo adulto pode ocorrer durante as primeiras horas de alimentação em floema, porém com baixa eficiência (6%) (Bonani et al., 2010). Para que os adultos transmitam eficientemente ‘*Ca. L. asiaticus*’, a bactéria deve ser adquirida durante o estágio ninfal, inferindo que as ninfas adquirem mais eficientemente a bactéria (de 60–100%) do que os adultos (40%) (Inoue et al., 2009; Pelz-Stelinsk et al., 2010; Ammar et al., 2016). O período de latência descrito na bibliografia, relata que a inoculação só é bem-sucedida quando os insetos adultos passam de 10 a 18 dias entre o

momento de sua alimentação na planta infectada e o momento de alimentação na planta sadia (Ammar et al., 2016; Canale et al., 2017; Inoue et al., 2009), podendo permanecer no inseto vetor por até 12 semanas, inferindo que a transmissão da bactéria ocorre de forma persistente propagativa.

O estudo de diferentes táticas para o controle de *D. citri* se intensificou desde que a doença foi relatada nas principais regiões produtoras de citros (Grafton-Cardwell et al., 2013). Entre os métodos disponíveis para o monitoramento do inseto vetor, a armadilha adesiva amarela é a mais eficiente para detectar a presença do inseto nos pomares (Miranda et al., 2017a), sendo a presença de um único psíldeo suficiente para iniciar o controle. Com o histórico de capturas de psíldeos, é estabelecido a frequência de pulverização adotada para o controle do inseto em cada talhão da propriedade (Ayres et al., 2018). O manejo de *D. citri* vem sendo aprimorado por meio de novas tecnologias que se mostram promissoras. Em relação as pistas visuais Croxton & Stansly (2014), obtiveram resultados satisfatórios testando o *mulching* metalizado, que reduziu significativamente o número de psíldeos e conseqüentemente a incidência do HLB. Outro método que se mostra eficiente é o caulim processado, composto a base de silicato de alumínio $[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$ que quando pulverizado na planta, afeta o comportamento alimentar do psíldeo e reduz significativamente a quantidade de insetos que conseguem encontrar as plantas de citros (Miranda et al., 2018).

Diaphorina citri é controlado naturalmente no agrossistema por meio de fungos entomopatogênicos, predadores e parasitoides. Em condições de laboratório e campo, os isolados ESALQ-1296 e ESALQ-PL63 de *Isaria fumosorosea* Wise (Hypocreales: Cordycipitaceae), quando associados a adjuvantes, ocasionaram mortalidade de ninfas e adultos de *D. citri* superior a 80% (Conceschi, 2016; Ausique et al., 2017). Dentre os programas de controle biológico, o parasitoide *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae) tem mostrado grande potencial e importante componente do manejo integrado de pragas (MIP) em citros, porém, sua utilização é restrita a áreas externas sem controle químico (Parra et al., 2016).

Contudo, o controle químico ainda é o método mais utilizado e eficiente para o controle de *D. citri*. Na citricultura, diversos inseticidas já foram testados contra *D. citri*, sendo os neonicotinoides, piretroides e organofosforados as classes de inseticidas mais utilizadas (Yamamoto & Miranda, 2009; Rogers & Shower, 2007; Gatineau et al., 2010; Grafton-Cardwell et al., 2013; Boina & Bloomquist, 2015). Childers & Rogers (2005) encontraram boa efetividade de tiametoxam, fenpropratrina, clorpirifos e imidacloprido para o controle de *D. citri* em pomares da Flórida. Qureshi & Stansly (2010) testaram aplicação de inseticidas de amplo-espectro de ação (clorpirifos, fenpropratrina) durante o inverno, observando redução

populacional nos períodos seguintes. No estado de São Paulo, Yamamoto & Miranda (2009) observaram uma significativa redução da população de *D. citri* por 30 dias, com uso de neonicotinoides, piretroides, organofosforados e carbamatos. A recomendação do controle químico varia de acordo com a idade do pomar. Em pomares em formação (≤ 3 anos) recomenda-se a aplicação de inseticidas de contato (pulverização) e via solo e/ou tronco, ao passo que para pomares em produção (> 3 anos), recomenda-se somente o uso de inseticidas de contato, já que os inseticidas via solo e tronco não são efetivos (Miranda et al., 2017b). No entanto, a eficácia do controle químico pode ser influenciada pelas condições climáticas (Boina et al., 2009), pelo grau de suscetibilidade do psílídeo ao inseticida avaliado (Tiwari et al., 2011, Tiwari & Stelinski, 2013) e pelo estágio vegetativo das plantas de citros (De Carli et al., 2018).

No entanto, o período residual dos inseticidas de contato pode ser reduzido devido à lavagem dos produtos por chuvas e também pela presença de brotações (fluxo vegetativo que emergiu após pulverização) (Yamamoto & Miranda 2009). Gautam et al. (2016) observaram uma significativa redução na eficácia de inseticidas sobre *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) em tratamentos que receberam chuva simulada. Observaram também que após a adição de um adjuvante houve um prolongamento do período residual dos inseticidas testados. Hulbert et al. (2012) também observaram que os tratamentos com chuva simulada (12,5 - 50,8 mm) diminuíram a eficácia de diversos inseticidas utilizados no controle de *Popillia japonica* Newman (Coleoptera: Scarabaeidae). No entanto, o efeito da chuva na deposição dos inseticidas depende da intensidade dessa chuva, tipo de inseticida utilizado, sua formulação e a superfície da planta (Mashaya, 1993). Em geral, os adjuvantes quando misturados aos inseticidas ajudam a melhorar a molhabilidade, espalhamento, adesão e penetração nas folhas (Abbott et al., 1990; Ryckaert et al., 2007).

Embora existam diversos trabalhos que avaliaram a eficácia de inseticidas de contato no controle de *D. citri*, pouco se sabe sobre a perda de eficácia destes inseticidas na ocorrência de chuvas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de chuvas simuladas na eficácia de inseticidas comumente usados no controle de *D. citri*, e o potencial de adjuvantes em mitigar o efeito da chuva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

O trabalho foi realizado nas instalações do Fundo de defesa da citricultura (Fundecitrus), Araraquara, São Paulo, Brasil. Para a pulverização dos tratamentos e a simulação de chuva, os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação. Após os tratamentos, os *seedlings* de citros (substrato da pulverização) foram mantidos em sala climatizada a uma temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12L:12E horas, afim de realizar as avaliações de efetividade dos inseticidas e/ou adjuvantes no controle de *D. citri*.

2.2. Plantas e insetos

Os *seedlings* utilizados nos experimentos foram de laranja-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Sapindales: Rutaceae)] ‘Pera’, produzidos em viveiros telados, semeados em tubos plásticos (120 mL) contendo substrato à base de casca de *Pinnus* sp. (Multiplant Citrus® Holambra, São Paulo, Brasil) com ramo principal em estágio vegetativo 5, totalmente expandido, porém não maduro (Cifuentes-Arenas et al. 2018), com idade de 8 meses e tamanho médio de 30 centímetros.

Para os experimentos foram utilizados adultos de *D. citri*, com idade entre 10-15 dias após a emergência, livres de ‘*Ca. Liberibacter* spp.’, provenientes da criação estabelecida no Fundecitrus em plantas de *Murraya exotica* L. (Sapindales: Rutaceae) em sala climatizada (25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14L:10E horas).

2.3. Cobertura de pulverização

Para avaliação da cobertura de pulverização, uma folha da porção superior de cada *seedling* de laranja-doce ‘Pera’ foi selecionada e fixada à uma haste metálica com a face abaxial posicionada para cima por meio de um arame fino metálico revestido de plástico (2x1 mm) e pulverizada com o corante fluorescente Travicar (Travicar, Porto Alegre, RS) na concentração de 100 mL do corante em 3,0 L de água (Figura 1 A). A pulverização foi realizada até o início do ponto de escorrimento utilizando um pulverizador manual com capacidade de 5 litros (Brudden SS5® Pompéia, SP). Para esse propósito, foram utilizados 15 *seedlings* de laranja-doce, totalizando uma folha/*seedling* (repetições). Após a pulverização, as folhas foram coletadas e fotografadas na face abaxial por meio de uma câmera digital semiprofissional CANON (EOS Rebel T6) em uma câmara escura composta por placas de fibra de média

densidade MDF (46x48x52 cm) sob iluminação de lâmpadas fluorescentes negras (25w) (Figura 1 B). A porcentagem de área coberta pela pulverização foi calculada em função do contraste de cores das imagens obtidas e analisadas no software ImageJ – Image Processing and Analysis in Java (Rasband, 2012) (Figura 1 C).



Figura 1. *Seedling* de laranjeira doce com face abaxial da folha posicionada para cima e pulverizada com corante Travicar (A). Imagem adquirida da área foliar coberta pelo corante (B) e o contraste de cores obtido pelo software ImageJ (C).

2.4. Aplicação de inseticidas

Foi realizado um primeiro experimento para avaliar a influência de diferentes lamina de chuva simulada nos principais grupos químicos de inseticidas utilizados na citricultura no controle de *D. citri* (Tabela 1). Os *seedlings* foram pulverizados conforme descrito no item 2.3, antes da aplicação, o pH da água foi aferido (~6,5). Foram utilizados 7 *seedlings* (repetições) por tratamento, e experimento repetido duas vezes, totalizando 14 *seedlings* para cada tratamento.

Tabela 1. Tratamentos (produtos, concentrações e simulações de chuva) utilizados no experimento para avaliar a efetividade dos inseticidas no controle de *Diaphorina citri* em citros.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	Concentração (mg de i.a./L)	Fabricante	Chuva Simulada (mm)
					0
Danimen 300 EC	Fenproprina	Piretroide	45	Iharabras S.A.	5
					10
					20
					0
Provado 200 SC	Imidacloprido	Neonicotinoide	40	Bayer CropScience	5
					10
					20
					0
Dimetoato 500 EC	Dimetoato	Organofosforado	450	Nortox S.A.	5
					10
					20
Controle	–	–	–	–	–

2.5. Aplicação de imidacloprido e/ou adjuvantes

Baseado nos resultados do experimento anterior, onde o imidacloprido foi o inseticida mais afetado pela lavagem das chuvas, e considerando que os eventos mais frequentes de chuvas no estado de São Paulo são precipitações pluviométricas de 10 mm, foi realizado um segundo estudo para verificar se adjuvantes são capazes de reduzir o efeito da chuva (Tabela 2). Os *seedlings* foram pulverizados com imidacloprido e/ou adjuvantes (óleo mineral ou látex sintético), conforme descrito no item 2.3 e o número de repetições foi igual ao item 2.4.

Tabela 2. Tratamentos utilizados para avaliar a efetividade de imidacloprido e/ou adjuvantes no controle de *Diaphorina citri* em citros sob chuva simulada.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	Concentração (mg de i.a./L)	Fabricante	Chuva simulada (mm)
Provado 200 SC	Imidacloprido	Neonicotinoide	40	Bayer CropScience	0
					10
Argenfrut CE	Óleo Mineral	Hidrocarbonetos alifáticos	2114	Gulf Oil Argentina S.A.	0
					10
Grip CD	Látex sintético + A.O.A.P.*	Não definido	675 + 150	De Sangosse Agroquímica Ltda.	0
					10
Provado 200 SC + Argenfrut CE	Imidacloprido + Óleo Mineral	Neonicotinoide	40 + 2114	-	0
		+ Hidrocarbonetos alifáticos			10
Provado 200 SC + Grip CD	Imidacloprido + (Látex sintético + A.O.A.P.*)	Neonicotinoide	40 + (675 + 150)	-	0
		+ Não definido			10
Controle	-	-	-	-	-

* Álcool oxialquilado alifático primário

2.6. Simulação de chuva

Para a simulação de chuva foi utilizado um simulador composto por um arco em aço-inox (raio 0,27 m) com uma entrada para fluxo de água e seis saídas com pontas de pulverização, fixada em uma estrutura metálica móvel de 2 metros de altura (Figura 2). O sistema é abastecido por uma motobomba periférica da marca Eletroplas (Navegantes, SC) modelo ICS-50B que proporciona trabalhar com vazão máxima de 2,2 m³/h, conectado a uma caixa d'água de 500 L. Os conjuntos de pontas de pulverização são corpos compostos por anti-gotejadores, capas de engate rápido e bicos de pulverização da marca Teejet (Spraying Systems Co., Wheaton, U.S.A), série Fulljet (cone cheio de angulo grande), modelo FL-5VS. Foram realizados 3 testes para validação do sistema. Para isso, utilizou-se apenas uma das seis saídas de pulverização do simulador que foi regulado à uma pressão de 2,4 bar. Abaixo do simulador foram distribuídos 3 pluviômetros, fixados a uma estrutura metálica com altura de 30 cm, afim de observar a distribuição da chuva simulada em uma área de 1m². Nestes testes, observou-se que a distribuição de chuva era uniforme e com intensidade de 811,5ml/min. Posteriormente os *seedlings* tratados com inseticidas e/ou adjuvantes receberam lâminas de chuva simulada de 5, 10 e 20 mm.

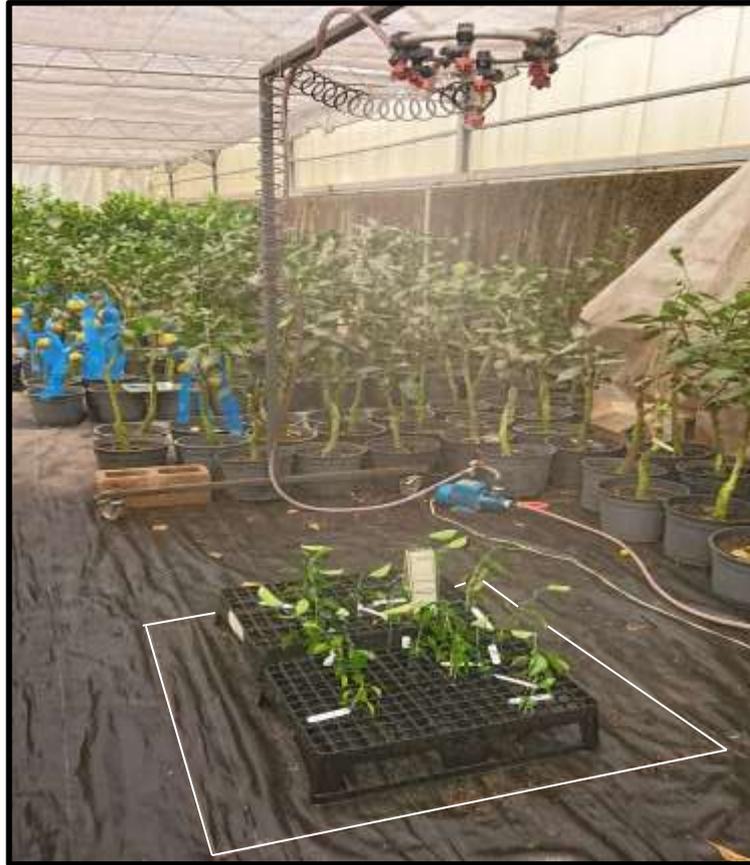


Figura 2. *Seedlings* de laranjeira tratados com inseticidas e/ou adjuvantes sob simulação de chuva.

2.7. Avaliação do efeito da chuva simulada na efetividade de inseticidas e/ou adjuvantes no controle de *Diaphorina citri*.

Para avaliar a efetividade dos inseticidas e/ou adjuvantes testados no controle de *D. citri*, foram realizados confinamentos contendo 10 adultos em uma folha selecionada de cada *seedling* (repetição) conforme o item 2.3, utilizando gaiolas confeccionadas com placas de acrílico (3,5 cm de diâmetro) e tule (cobrindo a parte superior da placa), apoiadas por uma plataforma de poliestireno fixada à uma haste metálica para dar sustentação a estrutura (Figura 3A e B). As avaliações foram feitas 5 dias após o confinamento (DAC), onde os insetos eram retirados e contabilizado o número de vivos e mortos. Posteriormente, 10 novos insetos eram confinados na mesma folha por mais 5 dias, totalizando 3 confinamentos subsequentes para cada tempo (0, 5 e 10 dias após a aplicação) avaliando o período residual dos inseticidas.

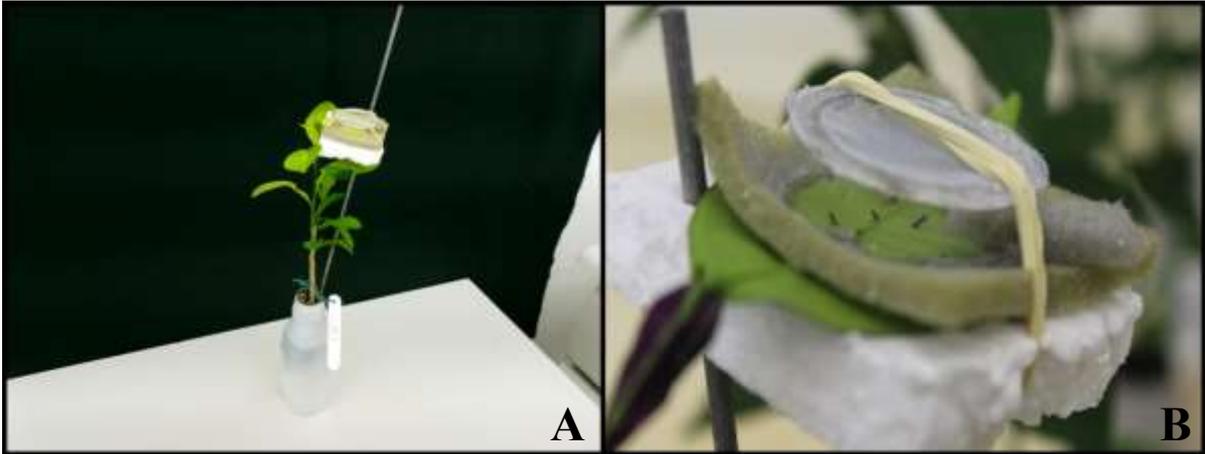


Figura 3. Método utilizado para avaliar a efetividade do controle químico de adultos de *Diaphorina citri*. Seedlings de laranja-doce ‘Pera’ (A). Detalhe da gaiola utilizada para confinamento de adultos de *D. citri* (B).

2.8. Delineamento experimental e análise de dados

O delineamento experimental dos dois experimentos foi inteiramente casualizado. Os dados de porcentagem de insetos mortos obtidos para cada fator (inseticidas e/ou adjuvantes testados a diferentes simulações de chuva) foram analisados por meio de modelos lineares generalizados (GLM) (Nelder & Wedderburn, 1972) com distribuição quase-binomial. A verificação da qualidade do ajuste foi feita pelo gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação (Demétrio et al., 2014). O desmembramento da interação foi realizado por meio da função “*ExpDes*” e as médias comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$) utilizando a função “*glht*” do pacote “*multcomp*” com ajustes nos valores de P . Todas as análises foram realizadas no software “*R*”, versão 3.3.1 (R Development Core Team, 2015).

3. RESULTADOS

3.1. Cobertura de pulverização

A média de cobertura da pulverização com corante fluorescente na face abaxial das folhas foi de $42,0 \pm 4,11\%$. Tendo como base este teste, pode-se inferir que nas aplicações de todos os tratamentos (inseticidas e/ou adjuvantes) a cobertura $\geq 40\%$.

3.2. Efetividade dos inseticidas nas diferentes simulações de chuva para o controle de *Diaphorina citri*

Em geral, a ocorrência de chuva simulada interferiu na eficiência dos inseticidas no controle de adultos de *D. citri* confinados em *seedlings* de citros (Tabela 3). Os resultados indicaram interações significativa entre as características explanatórias (tratamento e chuva simulada) independentemente do tempo [0 ($F = 7,21$; $g.l. = 9, 208$; $P < 0,0001$), 5 ($F = 6,92$; $g.l. = 9, 208$; $P < 0,0001$) e 10 ($F = 7,81$; $g.l. = 9, 208$; $P < 0,0001$) dias após a aplicação (DAA)]. Mortalidade significativa foi observada nos diferentes tratamentos (produtos e controle) após 0 ($F = 234,92$; $g.l. = 3, 220$; $P < 0,0001$), 5 ($F = 80,93$; $g.l. = 3, 220$; $P < 0,0001$) e 10 DAA ($F = 47,73$; $g.l. = 3, 220$; $P < 0,0001$). O mesmo foi observado para chuva simulada aos 0 ($F = 33,71$; $g.l. = 3, 217$; $P < 0,0001$), 5 ($F = 12,77$; $g.l. = 3, 217$; $P < 0,0001$) e 10 DAA ($F = 42,68$; $g.l. = 3, 217$; $P < 0,0001$).

Para os *seedlings* tratados com os diferentes grupos de inseticidas e que receberam chuva simulada, observou-se que a porcentagem de mortalidade de *D. citri* variou de acordo com os produtos. Para o tempo 0 (dias após aplicação) o tratamento imidacloprido, foi afetado por todas as lâminas de chuva simulada, reduzindo a eficácia de controle de *D. citri* para valores inferiores a 36%, sendo na maior simulação (20 mm) semelhante aos *seedlings* não tratados com inseticidas (controle). Para fenpropatrina apenas a chuva simulada de 20 mm afetou a eficácia. Dimetoato mostrou-se eficaz com valores de mortalidade acima de 95%, independentemente da lâmina de chuva simulada aplicada.

Na avaliação do segundo confinamento (5 DAA), os inseticidas dimetoato e imidacloprido mostraram-se efetivos (100% de mortalidade) no controle de *D. citri* na ausência de chuva simulada. Além disso, os tratamentos com imidacloprido permaneceu com baixa eficiência em todas as lâminas de chuva testadas, entretanto, o tratamento com dimetoato somente apresentou perda de eficácia a partir de 10 mm. No caso da fenpropatrina, devido à

baixa mortalidade observada na ausência de chuva ($\approx 60\%$), não foi observado diferenças significativas entre os tratamentos.

Na última avaliação (10 DAA) todos os produtos foram afetados por diferentes lâminas de chuva simulada. Imidacloprido foi o que manteve menor eficácia na mortalidade de *D. citri* quando houve simulação de chuva, com valores abaixo de 30%. Por outro lado, dimetoato foi o único inseticida que diferiu significativamente do controle (plantas não tratadas), independentemente da lâmina de chuva simulada, com uma mortalidade média de 52%.

Tabela 3. Mortalidade média (\pm erro padrão) de adultos de *Diaphorina citri* após 0, 5 e 10 dias após a aplicação (DAA) dos inseticidas e cinco dias de exposição aos resíduos.

Tempo (DAA)	Tratamento	Mortalidade ¹ (%)			
		Chuva simulada (mm)			
		0	5	10	20
0	Fenproprina	95,00 \pm 2,30 Aa	81,40 \pm 4,60 Aba	91,40 \pm 3,10 Aa	70,70 \pm 7,40 Bb
	Dimetoato	100,00 \pm 0,00 Aa	97,10 \pm 1,60 Aa	100,00 \pm 0,00 Aa	97,90 \pm 1,10 Aa
	Imidacloprido	99,30 \pm 0,70 Aa	32,10 \pm 5,40 Bb	35,70 \pm 6,90 Bb	22,10 \pm 4,90 Bc
	Controle	10,70 \pm 4,30 Ab	10,70 \pm 4,30 Ac	10,70 \pm 4,30 Ac	10,70 \pm 4,30 Ac
5	Fenproprina	64,30 \pm 8,60 Ab	52,90 \pm 6,60 Ab	70,00 \pm 7,60 Aa	60,70 \pm 7,40 Aa
	Dimetoato	100,00 \pm 0,00 Aa	84,30 \pm 5,30 ABa	72,90 \pm 6,90 Ba	77,90 \pm 5,60 ABa
	Imidacloprido	100,00 \pm 0,00 Aa	50,00 \pm 6,30 Bb	45,70 \pm 6,90 Bb	35,70 \pm 8,70 Bb
	Controle	13,60 \pm 4,50 Ac	13,60 \pm 4,50 Ac	13,60 \pm 4,50 Ac	13,60 \pm 4,50 Ac
10	Fenproprina	56,40 \pm 6,80 Ab	29,30 \pm 4,90 Bb	26,80 \pm 5,80 Bb	28,60 \pm 7,80 Bb
	Dimetoato	96,40 \pm 1,70 Aa	56,40 \pm 8,00 Ba	52,90 \pm 6,80 Ba	48,60 \pm 5,60 Ba
	Imidacloprido	98,60 \pm 1,40 Aa	21,40 \pm 6,90 Bb	25,00 \pm 5,10 Bb	22,90 \pm 5,20 Bb
	Controle	13,90 \pm 3,20 Ac	13,90 \pm 3,20 Ab	13,90 \pm 3,20 Ab	13,90 \pm 3,20 Ab

¹Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.3. Efetividade de imidacloprido com adição de adjuvantes no controle de *Diaphorina citri* após chuva simulada

A ocorrência de chuva simulada interferiu na eficiência do inseticida imidacloprido aplicado isoladamente e associado aos adjuvantes (óleo mineral ou látex sintético + álcool oxialquilado alifático primário) no controle de adultos de *D. citri* (Tabela 4). Neste estudo foi observado a interação significativa entre os fatores tratamentos e chuva simulada independentemente do tempo [0 ($F = 15,78$; $g.l. = 5, 156$; $P < 0,0001$); 5 ($F = 30,76$; $g.l. = 5, 156$; $P < 0,0001$); e 10 DAA ($F = 6,51$; $g.l. = 5, 156$; $P < 0,0001$)]. Para cada tempo (DAA), a mortalidade significativa foi observada nos tratamentos (produtos e controle) aos 0 ($F = 61,79$; $g.l. = 5, 162$; $P < 0,0001$), 5 ($F = 68,34$; $g.l. = 5, 162$; $P < 0,0001$) e 10 DAA ($F = 36,42$; $g.l. = 5, 162$; $P < 0,0001$). Da mesma forma, efeito significativo foi observado para chuva simulada aos 0 ($F = 188,13$; $g.l. = 1, 161$; $P < 0,0001$), 5 ($F = 201,00$; $g.l. = 1, 161$; $P < 0,0001$) e 10 DAA ($F = 89,25$; $g.l. = 1, 161$; $P < 0,0001$).

Em geral, foi observado que na ausência de chuva simulada, os tratamentos com imidacloprido, imidacloprido + óleo mineral e imidacloprido + látex sintético apresentaram alta mortalidade de *D. citri* ($\approx 95\%$). Contudo, na presença de chuva simulada (10 mm), a mortalidade foi significativamente menor em todos os períodos de avaliação (0, 5 e 10 DAA). Com relação aos adjuvantes aplicados isoladamente, estes permaneceram com baixa mortalidade ($\approx 16\%$), independente da presença de chuva simulada.

Na primeira avaliação (0 DAA), foi observado uma baixa mortalidade ($\approx 47\%$) nos tratamentos com imidacloprido associados à adjuvantes, porém, foi significativamente maior quando comparado com imidacloprido ($\approx 20\%$) e adjuvantes aplicados isoladamente ($\approx 11\%$), sendo que estes últimos não diferiram do controle. Contudo aos 5 e 10 DAA, os tratamentos com adição de adjuvantes ao inseticida imidacloprido, não resultaram em um aumento significativo da mortalidade de *D. citri* quando comparado ao inseticida aplicado isoladamente (Tabela 4).

Tabela 4. Mortalidade média (\pm erro padrão) de adultos de *Diaphorina citri* expostos ao contato residual de inseticida e adjuvantes aos cinco dias após o confinamento, com ou sem chuva simulada.

Tempo (DAA ²)	Tratamento	Mortalidade ¹ (%)	
		Chuva simulada (mm)	
		0	10
0	Imidacloprido	98,57 \pm 0,97 Aa	20,71 \pm 5,29 Bb
	Imidacloprido + óleo mineral	98,28 \pm 0,71 Aa	46,42 \pm 7,60 Ba
	Imidacloprido + látex sintético	100,00 \pm 0,00 Aa	49,28 \pm 6,83 Ba
	Óleo mineral	43,57 \pm 8,49 Ab	9,28 \pm 3,22 Bb
	Látex sintético	10,00 \pm 2,96 Ac	12,14 \pm 4,08 Ab
	Controle	8,57 \pm 2,94 Ac	8,57 \pm 2,94 Ab
5	Imidacloprido	100,00 \pm 0,00 Aa	32,14 \pm 5,36 Ba
	Imidacloprido + óleo mineral	98,57 \pm 0,97 Aa	30,00 \pm 3,92 Ba
	Imidacloprido + látex sintético	96,42 \pm 2,89 Aa	30,71 \pm 4,62 Ba
	Óleo mineral	13,57 \pm 3,86 Ab	10,71 \pm 3,55 Ab
	Látex sintético	15,00 \pm 4,02 Ab	20,71 \pm 4,50 Aab
	Controle	11,42 \pm 2,31 Ab	11,42 \pm 2,31 Ab
10	Imidacloprido	90,00 \pm 4,05 Aa	36,42 \pm 5,09 Ba
	Imidacloprido + óleo mineral	90,00 \pm 3,92 Aa	29,28 \pm 3,84 Bab
	Imidacloprido + látex sintético	86,42 \pm 5,90 Aa	40,00 \pm 6,29 Ba
	Óleo mineral	20,00 \pm 3,63 Ab	12,85 \pm 3,54 Ab
	Látex sintético	17,85 \pm 5,56 Ab	10,71 \pm 2,86 Ab
	Controle	12,85 \pm 5,39 Ab	12,85 \pm 5,39 Ab

¹Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

²DAA: dias após aplicação.

4. DISCUSSÃO

O controle químico é o método mais efetivo para manejar *D. citri* e, conseqüentemente, reduzir a disseminação do HLB (Boina & Bloomquist, 2015; Miranda et al., 2017a). Contudo, reduções mais significativas da doença são observadas quando o controle é aplicado em escala regional (Bassanezi et al., 2013). No estado de São Paulo, a recomendação é a aplicação de inseticidas sistêmicos via *drench* no viveiro 1–5 dias antes do plantio; nos pomares em formação (0–3 anos), aplicar inseticidas sistêmicos via *drench* e/ou tronco 3–4 vezes por ano no início dos fluxos vegetativos, sempre associado com pulverizações de inseticidas de contato em intervalos de 7 a 14 dias; e em pomares em produção (> 3 anos), realizar somente pulverização de inseticidas de contato em intervalos que podem variar de 7 a 28 dias (Miranda et al., 2017). A maioria dos inseticidas de contato são eficazes (mortalidade >80%) no controle de *D. citri* (Childers & Rogers, 2005; Yamamoto & Miranda, 2009; Qureshi et al., 2014). Contudo, o período residual, pode variar dependendo da dose aplicada e presença de brotações (Qureshi et al., 2014; De Carli et al., 2018). No presente estudo, foi demonstrado que o fator da chuva afeta negativamente a eficácia dos inseticidas de contato comumente utilizados para controle de *D. citri*. Além disso, observou-se que os adjuvantes testados tiveram baixa influencia em reduzir o efeito da chuva.

Para uma pulverização, sem correção de dose, eficiente no controle de adultos *D. citri* (mortalidade $\geq 80\%$), é necessária uma cobertura em torno de 30% (Lanza, 2016; Asato 2018). Desta forma, os dados de cobertura obtidas neste trabalho (~42%) foram suficientes para um controle eficaz do psilídeo. Fato esse confirmado pelos dados dos tratamentos sem presença de chuva, onde a mortalidade de *D. citri* foi próxima de 100% no primeiro confinamento de todos os experimentos.

No primeiro experimento do presente estudo, o inseticida dimetoato foi o que obteve melhor desempenho na mortalidade de *D. citri*, mantendo uma alta taxa de mortalidade ($\approx 100\%$) mesmo com a maior precipitação de chuva avaliada (20 mm) no primeiro confinamento (0 DAA). Uma redução significativa da mortalidade de *D. citri* somente foi observada no segundo confinamento (5 DAA) a partir de chuvas de 10 mm. Essa redução de performance do dimetoato provavelmente ocorreu devido a lavagem do inseticida pela chuva, já que este foi altamente efetivo até aos 10 DAA na ausência de chuvas (96% de mortalidade). A fenpropatrina, no primeiro confinamento (0 DAA), apresentou um desempenho intermediário ($\approx 70\text{-}90\%$), com perda significativa de efetividade no controle do psilídeo somente com precipitação de 20 mm. A partir do segundo confirmando, mesmo na ausência de chuvas, este

inseticida apresentou uma baixa eficácia (mortalidade < 80%). Esse fato pode estar relacionado, ao curto período residual geralmente observado para o grupo do químico dos piretroides, ao qual pertence este inseticida. Dentre os inseticidas testados neste trabalho, o imidacloprido foi o que teve a performance mais afetada pelas chuvas. No primeiro confinamento, no menor volume de chuva testado (5 mm), já foi observada uma baixa mortalidade ($\approx 30\%$) de *D. citri*. Por outro lado, na ausência de chuva, imidacloprido apresentou uma alta eficácia de controle (98-100% de mortalidade) em todos os períodos de avaliação, mostrando que este inseticida apresenta uma alta persistência, porém, altamente afetado pela ação das chuvas. Vários estudos foram realizados para avaliar o efeito da chuva simulada na efetividade de diversos inseticidas no controle de insetos de importância agrícola (Allan et al., 2009; Brévault et al., 2009; Hulbert et al., 2011; Hulbert et al., 2012; Gautam et al., 2016; Wise et al., 2016). Em geral, como observado no presente estudo, existe uma tendência de uma maior precipitação resultar em uma menor performance do inseticida no controle de pragas. Contudo, a performance de alguns inseticidas é mais afetada que em outros (Hulbert et al., 2011; Hulbert et al., 2012; Gautam et al., 2016; Wise et al., 2016), fato este claramente observado entre dimetoato e imidacloprido, que foram os inseticidas menos e mais afetados, respectivamente, na perda de eficiência no controle de adultos de *D. citri*.

Para fins práticos, os resultados deste trabalho demonstraram que após simulações de chuva (entre 5–20 mm), a necessidade de reaplicação de inseticida para controle de *D. citri* vai depender da quantidade de chuva e do produto utilizado. No caso do imidacloprido, chuva leve ($\approx 5\text{mm}$) logo após a pulverização, o produtor deve realizar a reaplicação ou evitar a pulverização deste produto em épocas chuvosas. Por outro lado, para fenpropatrina e dimetoato, reaplicações somente seriam necessárias após chuvas maiores que 10 e 20 mm, respectivamente.

De Carli et al. (2018), demonstraram que os inseticidas dimetoato e tiametoxam quando pulverizado sobre brotações (≈ 10 cm de comprimento), mantém uma alta efetividade no controle de *D. citri* (mortalidade > 80%) mesmo após uma semana de aplicação, quando os brotos cresceram aproximadamente 100%. Por outro lado, imidacloprid e bifentrina, na mesma situação, resultaram em uma baixa mortalidade (< 30%). Em São Paulo, as chuvas são mais frequentes a partir do início da primavera até o final do verão, o que resulta em uma maior emissão de brotações neste período e consequentemente picos populacionais de *D. citri*. Assim, considerando os resultados do presente estudo (efeito da chuva) e De Carli et al. (2018) (efeito da brotação), uma maior frequência de pulverização deveria ser realizada entre primavera e verão para um manejo efetivo do HLB.

Na segunda etapa deste estudo, no primeiro confinamento do tempo 0 DAA, observou-se que na ocorrência de chuva os tratamentos com imidacloprido associado aos adjuvantes (óleo mineral e/ou látex sintético + álcool oxialquilado alifático primário), resultaram uma mortalidade duas vezes maior do que quando aplicado isoladamente, porém, mesmo assim, não foi eficaz em controlar *D. citri* (mortalidade <50%). Nas demais avaliações (5 e 10 DAA), a adição dos adjuvantes não resultou em um acréscimo de mortalidade do psílídeo. Desta forma, similar ao observado na primeira etapa deste trabalho, imidacloprido, independente da adição de adjuvantes, somente foi efetivo (86 -100% mortalidade) na ausência de chuvas. Gautam et al. (2016), observaram que a adição do adjuvante (di-1-p-menthene) aumentou a eficácia de 3 de 5 inseticidas avaliados para controle *D. suzukii* na presença de chuva simulada.

Este estudo demonstrou pela primeira vez o potencial das chuvas em interferir na performance dos inseticidas utilizados para controle de *D. citri* em citros. Sendo que este pode variar de acordo com lâmina de chuva e inseticida utilizado. Estes resultados ajudarão os citricultores na tomada de decisão sobre a necessidade de aplicação e/ou reaplicação de inseticidas antes e depois de eventos de precipitação, e na escolha do produto para um manejo mais assertivo do psílídeo. Contudo, novos estudos com outros produtos (inseticidas e adjuvantes) devem ser realizados, com o objetivo de ampliar as opções dos citricultores.

5. CONCLUSÕES

A chuva simulada interfere na efetividade dos inseticidas imidacloprido, fenpropatrina e dimetoato para o controle de adultos de *D. citri*.

O efeito negativo da simulação de chuva varia com o tipo de inseticida utilizado, sendo dimetoato e imidacloprido menos e mais afetados, respectivamente, na perda de eficiência no controle de adultos de *D. citri*.

Na ocorrência de chuva simulada de 10 mm, os adjuvantes (óleo mineral 0,25% e látex sintético + álcool oxialquilado alifático primário 0,15%) melhoraram a eficácia do inseticida imidacloprido quando comparado o mesmo inseticida utilizado isoladamente. Porém, a adição dos adjuvantes não foi suficiente para resultar em uma alta mortalidade ($\geq 80\%$) de adultos de *D. citri*.

REFERÊNCIAS

- Abbott, H.A., Van Dyk, L.P., Grobbelaar, N. 1990. Spreading of spray mixtures on leaf surfaces. **Pesticide Science** 28:419–429.
- Allan, S.A., Kline, D.L., Walker, T. 2009. Environmental factors affecting efficacy of bifenthrin-treated vegetation for mosquito control. **Journal of the American Mosquito Control Association** 25:338-346.
- Ammar, E.D., Ramos, J.E., Hall, D.G., Dawson, W.O., Shatters Junior, R.G. 2016. Acquisition, replication and inoculation of *Candidatus Liberibacter asiaticus* following various acquisition periods on huanglongbing-infected citrus by nymphs and adults of the asian citrus psyllid. **PLoS ONE** 11:e0159594.
- Asato, F.P. 2018. Eficiência da pulverização de inseticida na borda dos talhões no manejo do huanglongbing. 33 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
- Ausique, J.J.S., D’Alessandro, C.P., Conceschi, M.R., Mascarin, G.M., Delalibera Júnior, I. 2017. Efficacy of entomopathogenic fungi against adult *Diaphorina citri* from laboratory to field applications. **Journal of Pest Science** 90:947–960.
- Ayres, J.A., Sala, I., Miranda, M.P., Wulff, N.A., Bassanezi, R.B., Lopes, S.A. 2018. **Manejo do greening: dez mandamentos para o sucesso no controle da doença**. Araraquara, SP: Fundecitrus. 63 p.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Stuchi, E.S. 2009. Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. **European Journal of Plant Pathology** 125:565–572.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gimenes-Fernandes, N., Yamamoto, P.T., Gottwald, T.R., Amorim, L., Bergamin Filho, A. 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease** 97(6):789–796.
- Belasque Junior, J., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Bassanezi, R.B., Ayres, A.J., Bové, J. 2010. Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology** 31:53-64.
- Bergamin Filho, A., Inoue-Nagata, A.K., Bassanezi, R.B., Belasque Junior, J., Amorim, L., Macedo, M.A., Barbosa, J.C., Willocquet, L., Savary, S. 2016. The importance of primary inoculum and area-wide disease management to crop health and food security. **Food Security** 8:221–238.
- Boina, D.R., Meyer, W.L., Onagbola, E.O., Stelinski, L.L. 2009. Quantifying dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) by immunomarking and potential impact of unmanaged groves on commercial citrus management. **Environmental Entomology** 38:1250–1258.
- Boina, D.R., Bloomquist, J.R. 2015. Chemical control of the Asian citrus psyllid and of huanglongbing disease in citrus. **Pest Management Science** 71:808–823.

- Bonani, J.P., Fereres, A., Garzo, E., Miranda, M.P., Appezzato-da-Gloria, B., Lopes, J.R.S., 2010. Characterization of electrical penetration graphs of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in sweet orange seedlings. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 134:35–49.
- Boteon, M., Neves, E.M. 2005. Citricultura brasileira: aspectos econômicos. In: Mattos Junior, D., Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Junior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico, Fundag. p. 20–36.
- Bové, J.M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology** 88:7–37.
- Brévault, T., Oumarou, Y., Achaleke, J., Vaissayre, M., Nibouche S. 2009. Initial activity and persistence of insecticides for the control of bollworms (Lepidoptera Noctuidae) in cotton crops. **Crop Protection** 28:401–406.
- Canale, M.C., Tomaseto, A.F., Haddad, M.L., Coletta-Filho, H., Lopes, J.R. 2017. Latency and persistence of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” in its psyllid vector, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Phytopathology** 107:264–272.
- Capoor, S.P., Rao, D.G., Viswanath, S.M., 1967. *Diaphorina citri* Kuwayama, a vector of the greening disease of citrus in India. **Indian Journal of Agricultural Science** 37:572–576.
- Childers, C.C., Rogers, M.E. 2005. Chemical control and management approaches of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Florida citrus. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society** 118:49–53.
- Cifuentes-Arenas, J.C., Goes, A., Miranda, M.P., Beattie, G.A.C., Lopes, A.S. 2018. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **PLoS ONE** 13(1):e0190563.
- Coletta Filho, H.D., Targon, M.L.P.N., Takita, M.A., De Negri, J.D., Pompeu Junior, J., Machado, M.A. 2004. First report of the causal agent of huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease** 88(12):1382–1382.
- Conceschi, M.R. 2016. Transmission potential of the entomopathogenic fungi *Isaria fumosorosea* and *Beauveria bassiana* from sporulated cadavers of *Diaphorina citri* and *Toxoptera citricida* to uninfected *D. citri* adults. **BioControl** 61:567–577.
- Croxton, S.D., Stansly, P.A. 2014. Metalized polyethylene mulch to repel Asian citrus psyllid, slow spread of huanglongbing and daily activity and LED attraction of *Diaphorina citri* improve growth of new citrus plantings. **Pest Management Science** 70:318–323.
- Da Graça, J.V. 1991. Citrus greening disease. **Annual Review of Phytopathology** 29:109–136.
- De Carli, L.F., Miranda, M.P., Volpe, H.X.L., Zanardi, O.Z., Vizoni, M.C., Martini, F.M., Lopes, J.P.A. 2018. Leaf age affects the efficacy of insecticides to control Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Applied Entomology** 142:689–695.

Demétrio, C.G.B., Hinde, J., Moral, R.A. 2014. Models for overdispersed data in entomology. In: Ferreira, C.P., Godoy, W.A.C. (Ed.). **Ecological modelling applied to entomology**. Switzerland: Springer. p. 219–259.

Fernández, M., Miranda, I. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte I: características morfológicas, incidencia y enemigos naturales asociados. **Revista de Protección Vegetal** 20:27–31.

FNP Consultoria & Comercio. **Agriannual 2016**: anuário da agricultura brasileira. 2016. São Paulo: Informa Economics FNP. 456 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. **Crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

Gatineau, F., Bonnot, F., Yen, T.T.H., Tuan, D.H., Tuyen, N.D., Truc, N.T.N. 2010. Effects of imidacloprido and fenobucarb on the dynamics of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama and on the incidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Fruits** 65:209–220.

Gautam, B.K, Little, B.A., Taylor, M.D., Jacobs, J.L., Lovett, W.E., Holland, R.M., Sial, A.A. 2016. Effect of simulated rainfall on the effectiveness of insecticides against potted wing drosophila in blueberries. **Crop Protection** 81:122–128.

Gómes-Torres, M.L. 2009. Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae). 138 f. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Gottwald, T.R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology** 48:119–139.

Grafton-Cardwell, E.E., Stelinski, L.L., Stansly, P.A. 2013. Biology and management of asian citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens. **Annual Review of Entomology** 58:413–32.

Hulbert, D., Isaacs, R., Vandervoort, C., Wise, J.C. 2011. Rainfastness and residual activity of insecticides to control Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) in grapes. **Journal of Economic Entomology** 104(5):1656–1664.

Hulbert, D., Reeb, P., Isaacs, R., Vandervoort, C., Erhardt, S., Wise, J.C. 2012. Rainfastness of insecticides used to control Japanese beetle in blueberries. **Journal of Economic Entomology** 105:1688–1693.

Inoue, H., Ohnishi, J., Ito, T., Tomimura, K., Miyata, S., Iwanami, T., Ashihara, W. 2009. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. **Annals of Applied Biology** 155:29–36.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. **Produção Agrícola Municipal – 2015**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

- Lanza, R.M. 2016. Eficácia da pulverização eletrostática no controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em pomar de citros. 22 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
- Liu, Y.H., Tsai, J.H. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). **Annals of Applied Biology** 137:201-206.
- Mashaya, N. 1993. Effect of simulated rain on efficacy of insecticide deposits on tobacco. **Crop Protection** 12:55–58.
- Miranda, M.P., Dos Santos, F.L., Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Barbosa, J.C., Setamou, M. 2017a. Monitoring methods for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) on citrus groves with different insecticide application programmes. Fund for Citrus Protection – Fundecitrus. **Journal of Applied Entomology** 142:1–8.
- Miranda, M.P., Zanardi, O.Z., Volpe, H.X., Veiga, A.C., Bassanezi, R.B., Andrade, D.J., Souza, M.C. 2017b. Manejo de insetos e ácaros vetores de fitopatógenos nos citros. **Informe Agropecuário** 38(297):83–93.
- Miranda, M.P., Zanardi, O.Z., Tomaseto, A.F., Volpe, H.X., Garcia, R.B., Prado, E. 2018. Processed kaolin affects the probing and settling behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Pest Management Science** 74:1964–1972.
- Nakata, T. 2006. Temperature-dependent development of the citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psylloidea), and the predicted limit of its spread based on overwintering in the nymphal stage in temperate regions of Japan. **Applied Entomology and Zoology** 41:383–387.
- Nava, D.E., Torres M.L.G., Rodrigues M.D.L., Bento J.M.S., Parra J.R.P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology** 131:709-715.
- Nelder, J.A., Wedderburn, R.W.M. 1972. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society** 135:370–384.
- Parra, J.R.P., Alves, G.R., Diniz, A.J.F., Vieira, J.M. 2016. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) x *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): mass rearing and potential use of the parasitoid in Brazil. **Journal of Integrated Pest Management** 7:5-11.
- Pelz-Stelinsk, K.S., Brlansky, H.R., Ebert, T.A., Rogers, M.E. 2010. Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid. **Journal of Economic Entomology** 103:1531–1541.
- Qureshi, J.A., Stansly, P.A. 2010. Dormant season foliar sprays of broad-spectrum insecticides: an effective component of integrated management for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. **Crop Protection** 29:860–866.
- Qureshi, J.A., Kostyk, B.C., Stansly, P.A. 2014. Insecticidal Suppression of Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) Vector of Huanglongbing Pathogens. **PLoS ONE** 9:e112331.

R Development Core Team. 2015. **R**: A language and environment for statistical computing [Online]. Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.r-project.org/>.

Rasband, W. 2012. ImageJ: Image processing and analysis in Java. **Astrophysics Source Code Library** 1:06013.

Rogers, M.E., Shower, D.B. 2007. Effectiveness of several soil-applied systemic insecticides for managing the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). **Proceedings Florida State Horticultural Society** 120:116–119.

Ryckaert, B., Spanoghe, P., Haesaert, G., Heremans, B., Isebaert, S., Steurbaut, W. 2007. Quantitative determination of the influence of adjuvants on foliar fungicide residues. **Crop Protection** 26:1589–1594.

Teixeira, D.C, Saillard, C., Eveillard, S., Danet, J.L, Costa, P.I., Ayres, A.J., Bové, J. 2005. ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’, associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** 55:1857–1862.

Tiwari, S., Mann, R.S., Rogers, M.E., Stelinski, L.L. 2011. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. **Pest Management Science** 67:1258–1268.

Tiwari, S., Stelinski, L.L. 2013. Effects of cyantraniliprole, a novel anthranilic diamide insecticide, against Asian citrus psyllid under laboratory and field conditions. **Pest Management Science** 69:1066–1072.

Tsai, J. H., Wang, J.J., Liu, Y.-H. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. **Florida Entomologist** 85(3): 446–451.

Wise, J.C., Hulbert, D., Vandervoort, C. 2016. Rainfall influences performance of insecticides on the codling moth (Lepidoptera Tortricidae) in apples. **The Canadian Entomologist** 149(1): 118-128.

Yamamoto, P.T., Paiva, P.E.B., Gravena, S. 2001. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região Norte do Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology** 30(1):165-170.

Yamamoto, P.T., Felipe, M.R., Garbim, L.F., Coelho, J.H.C, Ximenes, N.L., Martins, E.C., Leite, A.P.R., Sousa, M.C., Abrahão, D.P., Braz, J.D. 2006. *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae): vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter americanus*. **Proceedings of the Huanglongbing-greening International Workshop**. Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil. p. 96.

Yamamoto, P.T., Miranda, M.P. 2009. Controle do psilídeo *Diaphorina citri*. **Ciência & Prática** 33:10–12.