

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA
MESTRADO PROFISSIONAL EM
FITOSSANIDADE DOS CITROS-MASTERCITRUS**

FRANCISCO FELIPE DE LIMA PAULO

**Ocorrência de ovos e ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama
(Hemiptera: Psyllidae) em laranjeiras doces em função do
intervalo entre aplicações de inseticidas, da rotação de produtos
com diferentes modos de ação e da população externa de psilídeos**

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

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi
Coorientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

**Araraquara
2024**

FRANCISCO FELIPE DE LIMA PAULO

**Ocorrência de ovos e ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama
(Hemiptera: Psyllidae) em laranjeiras doces em função do
intervalo entre aplicações de inseticidas, da rotação de produtos
com diferentes modos de ação e da população externa de psilídeos**

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

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi
Coorientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

**Araraquara
2024**

FRANCISCO FELIPE DE LIMA PAULO

Ocorrência de ovos e ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em laranjeiras doces em função do intervalo entre aplicações de inseticidas, da rotação de produtos com diferentes modos de ação e da população externa de psilídeos

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

Araraquara, 5 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

DocuSigned by:

Renato Bezozzo Bassanezi

Dr. Renato Bezozzo Bassanezi (Orientador)

Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP.

DocuSigned by:

Fernando Semmelroth de Assunção e Amaral

Dr. Fernando Semmelroth de Assunção e Amaral

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP/ ESALQ, Piracicaba/SP.

DocuSigned by:

Haroldo Xavier Linhares Volpe

Dr. Haroldo Xavier Linhares Volpe

Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação primeiramente a Deus, a todos meus familiares, em especial aos meus pais, Antônia Maria de Lima Paulo e Francisco Gleidson Andrade de Paulo. Dedico a minha avó Maria Carmelita Cardoso (*In memoriam*) e aos meus bisavôs Manoel de Andrade e Amélia de Andrade (*In memoriam*).

Francisco Felipe de Lima Paulo

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todas as bênçãos concedidas a mim, por me permitir alcançar mais uma conquista, o título de mestre. Agradeço à nossa senhora, mãe de Jesus por rogar por mim. Agradeço a Santo Expedito a quem sou devoto, e São Bento por escutar minhas orações e atender às minhas preces.

Agradeço aos meus pais pelo apoio de sempre, Da. Antonia Maria de Lima Paulo e Sr. Francisco Gleidson Andrade de Paulo, minha fortaleza, minha base!

Agradeço a todos os meus familiares, meus avós Benedita Andrade de Paulo e Manoel Paulo Sobrinho, meus tios e minhas tias, meus primos (a), que sempre me apoiaram das melhores formas possíveis, depositaram fé em minha caminhada. Isso sempre foi bastante reconfortante.

Agradeço à minha irmã, Maria Amanda de Lima Paulo.

Agradeço à minha companheira Thais Freire dos Santos, que mesmo a distância sempre me deu força.

Agradeço a todos os companheiros que tive o prazer de conhecer em Araraquara, todos os colegas e amigos de turma, às equipes e colaboradores do FUNDECITRUS que me ajudaram direta e indiretamente.

Em especial, agradeço à toda equipe de transferência de tecnologia, por colaborarem na condução do experimento para dissertação.

Agradeço ao pesquisador Dr. Juan Camilo Arenas Cifuentes, sempre disponível a me ajudar, ao Fernando Amaral, por toda a ajuda e disponibilidade de sempre.

Agradeço à coordenação do MasterCitrus (Dr. Geraldo José Silva Junior e Gabriela Crescenzo) e todos os professores colaboradores, por compartilhar conosco todo o conhecimento necessário para o mestre em Fitossanidade com foco para a citricultura citros, pela disponibilidade de sempre e o fornecimento da melhor estrutura e experiências para o setor.

Agradeço ao meu orientador Dr. Renato Beozzo Bassanezi e ao meu Coorientador Dr. Marcelo Pedreira de Miranda pelas suas instruções, não só para a elaboração e construção da dissertação, mas pela construção de um excelente profissional, para atuar tanto na área acadêmica, como no mercado profissional.

Meu muito obrigado a todos. Atenciosamente.

FRANCISCO FELIPE DE LIMA PAULO

EPÍGRAFE

A Cruz Sagrada seja a minha luz, não seja o dragão o meu guia. Retira-te, satanás! Nunca me aconselhes coisas vãs. É mau o que tu me ofereces, bebe tu mesmo os teus venenos!

(Oração da Medalha de São Bento)

Ocorrência de ovos e ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em laranjeiras doces em função do intervalo entre aplicações de inseticidas, da rotação de produtos com diferentes modos de ação e da população externa de psilídeos

Autor: Francisco Felipe de Lima Paulo

Orientador: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

Coorientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

RESUMO

O huanglongbing (HLB) ou greening é a doença mais devastadora da citricultura mundial, principalmente por não haver manejo curativo e nenhuma cultivar resistente. Portanto, o seu controle está restrito ao manejo preventivo, que implica em plantio de mudas sadias, erradicação de plantas infectadas e o controle do psilídeo asiático dos citros *Diaphorina citri*, inseto vetor das bactérias causadoras do HLB. Para o manejo do psilídeo emprega-se, principalmente, o controle químico, com pulverizações frequentes de inseticidas. A presença de ninfas, principalmente de 4º e 5º instares, nos brotos das plantas é um indicativo de falhas no controle, seja por falha na cobertura da pulverização, degradação ou lavagem do produto, aplicações em intervalos muito longos, perda da eficácia do ingrediente ativo pela seleção de populações resistentes do psilídeo. Frente ao exposto, o trabalho teve como objetivo determinar a influência do intervalo de aplicações de inseticidas, aliado à prática de rotacionar inseticidas com diferentes modos de ação e ao nível da população externa de psilídeos na ocorrência de diferentes estágios imaturos de desenvolvimento (ovo, ninfas de 1º a 3º instar; ninfas de 4º e 5º instar e qualquer fase) de *D. citri* em brotos de laranjeira doce. Foram considerados três intervalos de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); duas categorias de rotação (adequada - com três ou mais modos de ação sem aplicação seguida do mesmo modo - e inadequada - com menos de três modos de ação ou aplicações seguidas de um mesmo modo de ação); e dois níveis de população externa de psilídeos adultos capturados em cartões adesivos amarelos localizados em um raio de 5 km do talhão ($\leq 1,5$ adulto/armadilha/quinzena e $> 1,5$ adulto/armadilha/quinzena). Para cada combinação de intervalo de aplicação e rotação, foram selecionados 50 talhões de laranjeira doce localizados na periferia da propriedade, resultando na avaliação de 300 talhões de 58 propriedades distribuídas em 27 municípios do estado de São Paulo. Posteriormente, de acordo com o histórico de captura de psilídeos do Alerta Fitossanitário do Fundecitrus, os talhões foram separados nos dois níveis de população externa de psilídeos. Em cada talhão foram avaliados três brotos por planta em 30 plantas próximas à borda. As avaliações foram feitas por varredura visual dos brotos, identificando e quantificando a presença de ovos e ninfas de 1º ao 5º instar. Os resultados confirmaram que quanto maior o intervalo de aplicação, maior a ocorrência dos diferentes estágios imaturos de *D. citri* (ovos e ninfas de 1º ao 5º instar) em brotos de laranjeiras doces e maior a quantidade de ninfas por brotos. A rotação inadequada de inseticidas foi outro preditor que aumentou significativamente a ocorrência de todos os estágios imaturos de *D. citri* nos brotos, assim como o número de ninfas por broto. A maior população externa de psilídeos também influenciou positivamente na maior ocorrência de ovos e de ninfas pequenas e médias (1º ao 3º instar) nos brotos e na contagem de ninfas por broto, porém não apresentou associação significativa com a presença de ninfas grandes (4º e 5º instares).

Palavras-chave: Psilídeo asiático dos citros, controle químico, resistência a inseticidas, manejo de pragas, huanglongbing, greening, citros.

Occurrence of eggs and nymphs of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in sweet orange trees as a function of the interval between insecticide applications, product rotation with different modes of action, and the external population of psyllids.

Author: Francisco Felipe de Lima Paulo

Advisor: Dr. Renato Beozzo Bassanezi

Co-advisor: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda

ABSTRACT

Huanglongbing (HLB), or citrus greening, is considered the most devastating disease in global citrus production, mainly due to the lack of curative management and the absence of resistant cultivars. Therefore, its control is limited to preventive management, involving the planting of healthy seedlings, eradication of infected plants, and control of the Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*), the insect vector of the bacteria causing HLB. Psyllid management primarily relies on chemical control, with frequent insecticide sprays. The presence of psyllid nymphs, mainly of 4th and 5th instars, on plant shoots indicates control failures, either due to inadequate spray coverage, product degradation or wash-off, extended spray intervals, efficacy loss of active ingredient due to the selection of resistant psyllid populations. Given the aforementioned, this study aimed to determine the influence of the interval between insecticide applications, coupled with the practice of rotating insecticides with different modes of action and the level of external psyllid population, on the occurrence of different immature development stages (egg, 1st to 3rd instar nymph; 4th and 5th instar nymphs, and any stage) of *D. citri* in sweet orange shoots. Three application intervals (7, 15, and ≥ 28 days), two rotation categories (adequate - with three or more modes of action without consecutive applications of the same mode - and inadequate - with less than three modes of action or consecutive applications of the same mode of action), and two levels of external psyllid population (≤ 1.5 adults/trap/fortnight and > 1.5 adults/trap/fortnight) captured on yellow sticky cards within a 5 km radius of the block were considered. For each combination of application interval and rotation, 50 sweet orange blocks located on the periphery of the property were selected, resulting in the evaluation of 300 blocks from 58 properties distributed across 27 municipalities of São Paulo state. Subsequently, based on the psyllid capture history from the Fundecitrus Phytosanitary Alert, the plots were divided into two levels of external psyllid population. In each plot, three shoots per tree were evaluated in 30 trees near the edge. Assessments were made by visually scanning the shoots, identifying and quantifying the presence of eggs and nymphs from 1st to 5th instar. The results confirmed that the longer the application interval, the higher the occurrence of different immature stages of *D. citri* (eggs and nymphs from 1st to 5th instar) in sweet orange shoots, and the greater the number of nymphs per shoot. Inadequate insecticide rotation was another predictor that significantly increased the occurrence of all immature stages of *D. citri* in the shoots, as well as the number of nymphs per shoot. A higher external psyllid population also positively influenced the higher occurrence of eggs and small and medium nymphs (1st to 3rd instar) in the shoots and the nymph count per shoot but did not show a significant association with the presence of large nymphs (4th and 5th instars).

Keywords: Asian citrus psyllid, chemical control, insecticide resistance, pest management, huanglongbing, citrus greening, citrus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estágios de desenvolvimento do psilídeo asiático dos citros <i>Diaphorina citri</i> (Fonte: https://www.fundecitrus.com.br/imgcorponoticia/1614283677.jpg)	8
Figura 2. Localização geográfica no estado de São Paulo, Brasil, das propriedades comerciais de citros (pontos vermelhos) nas quais foram realizados os experimentos no ano de 2022. ...	14
Figura 3. Distribuição do número total de árvores de laranjeira doce (em milhões) nas regiões do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro (Baseado no inventário de árvores e estimativa da safra de laranja 2022/23). VOT – Votuporanga, SJO – São José do Rio Preto, TMG – Triângulo Mineiro, BEB – Bebedouro, ALT – Altinópolis, DUA – Duartina, MAT – Matão, BRO – Brotas, PFE – Porto Ferreira, LIM – Limeira, AVA – Avaré e ITG – Itapetininga.	15
Figura 4. Média de adultos de <i>Diaphorina citri</i> capturados por cartão adesivo amarelo por quinzena em todo cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro (CC) e nas regiões (Ara - Araraquara, Ava - Avaré, Beb - Bebedouro, Cas - Casa Branca, Lim – Limeira, Lin – Lins, Nov - Novo Horizonte e San- São José do Rio Preto) do Alerta Fitossanitário do Fundecitrus no ano de 2022.....	16
Figura 5. Média de adultos de <i>Diaphorina citri</i> capturados por cartão adesivo amarelo por quinzena em todo cinturão citrícola em cada mês nos anos de 2018 a 2022 e porcentagem de psilídeos capturados (PPC) no mês em relação ao total capturado no ano considerando o acumulado de 2018 a 2022. (Fonte: Fundecitrus, Alerta Fitossanitário).	17
Figura 6. Representação do protocolo para a seleção dos talhões e plantas e serem avaliados: a) Identificação e reconhecimento da propriedade e seus limites; b) Seleção dos talhões de borda da propriedade a serem avaliados; c) Delimitação da faixa útil de avaliação em cada talhão (primeiros 20 m da borda); d) Escolha aleatória das árvores dentro da faixa útil de avaliação.	20
Figura 7. Esquema indicando a faixa entre 1,3 m e 1,7 m do nível do solo, utilizada para a seleção e avaliação de brotos em árvores com 4 ou mais anos de idade.....	21
Figura 8. Protocolo para a avaliação da presença de ovos e ninfas de <i>Diaphorina citri</i> nos brotos. a) Escolha e identificação da planta a ser avaliada; b) Identificação e seleção dos brotos na planta; c) Retirada do broto da planta; d) Avaliação visual macro do broto; e) Varredura visual do broto com auxílio de lente de aumento de 10x.	22

- Figura 9.** Percentual médio e \pm o erro padrão de brotos com presença de ovos de *Diaphorina citri* em relação ao intervalo de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); rotação de inseticida (adequada e inadequada) (a), e da população externa de psilídeos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ psilídeo por cartão por quinzena) em relação aos demais fatores (b).....25
- Figura 10.** Percentual médio e \pm o erro padrão de brotos com presença de ninfas pequenas e médias - P&M (de 1° a 3° instar) de *Diaphorina citri* em relação aos intervalos de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); rotação de inseticida (adequada ou inadequada) (a), e nível da poluição de psilídeos externos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ adultos/armadilhas) em relação aos demais fatores (b).....27
- Figura 11.** Percentual médio e \pm o erro padrão de brotos com presença de ninfas grandes (de 4° e 5° instar) de *Diaphorina citri* em relação aos intervalos de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); rotação de inseticida (adequada ou inadequada) (a), e nível da poluição de psilídeos externos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ adultos/armadilhas) em relação aos demais fatores (b).28
- Figura 12.** Percentual médio e \pm o erro padrão de brotos com presença de qualquer estágio imaturo (ovos e ninfas de 1° a 5° instar) de *Diaphorina citri* em relação aos intervalos de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); rotação de inseticida (adequada ou inadequada) (a), e nível da poluição de psilídeos externos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ adultos/armadilhas) em relação aos demais fatores (b).30
- Figura 13.** Contagem média e \pm o erro padrão de ninfas (de 1° a 5° instar) de *Diaphorina citri* em relação aos intervalos de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); rotação de inseticida (adequada ou inadequada) (a), e nível da poluição de psilídeos externos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ adultos/armadilhas) em relação aos demais fatores (b).32
- Figura 14.** Razão de chance (*odds ratio*) para ocorrência de brotos com ovo (a), apenas ninfa grande(b), ninfas pequenas e médias – P&M (c) e qualquer fase (d) de *Diaphorina citri* com incremento de 1 a 15 dias no intervalo de aplicação de inseticidas. Barra representa os limites inferior “ci_low 2,5” e superior “ci_high 97,5” com 95% de intervalo de confiança.....37
- Figura 15.** Regressão logística da probabilidade de encontrar ovo (a), apenas ninfa grande (b), ninfas pequenas e médias –P&M (c) e qualquer fase (d) de *Diaphorina citri* nos brotos de laranjeiras em relação ao intervalo de aplicação de inseticidas e à rotação adequada (linha preta) ou inadequada (linha cinza) de inseticidas com diferentes modos de ação (bordas das curvas referente ao intervalo de confiança IC 95%).38

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Combinações dos tratamentos de intervalo de aplicação, rotação de inseticidas e população externa de psilídeo e respectivos números de talhões, plantas e brotos avaliados.. 19
- Tabela 2.** Intervalo médio real entre aplicações de inseticidas nos talhões avaliados, números de talhões avaliados em cada intervalo referente à respectiva combinação intervalo de aplicação/rotação de inseticidas, média ponderada do intervalo de aplicação da combinação e intervalo usado nas análises..... 23
- Tabela 3.** Coeficientes da regressão logística, para descrever a probabilidade de detecção de diferentes estágios imaturos de *Diaphorina citri* em função do intervalo de aplicação, da rotação de inseticidas (adequada ou inadequada) e do nível da população externa de psilídeos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ psilídeos por cartão adesivo amarelo por quinzena). 33
- Tabela 4.** Análise de variância (ANOVA) ajustada pelo modelo linear generalizado (GLM), em distribuição binomial logística, usando o teste de razão de verossimilhança Likelihood Ratio Test (LRT) e o teste Chi-quadrado de Pearson (χ^2) para as variáveis respostas binomiais de presença e ausência de diferentes estágios imaturos de *Diaphorina citri*. 36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Problemas fitossanitários da citricultura brasileira.....	4
2.2 Huanglongbing (HLB).....	4
2.3 Psilídeo asiático dos citros (<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama)	6
2.4 Controle do HLB	9
2.5 Resistência de <i>Diaphorina citri</i> a inseticidas	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Localização e seleção das áreas experimentais e características das regiões	14
3.2 Período de avaliação	16
3.3 Tratamentos	17
3.4 Coleta de dados e avaliações	19
3.5 Análise dos dados	23
4. RESULTADOS	25
4.1 Ocorrência de ovos de <i>Diaphorina citri</i> em brotos de laranjeira	25
4.2 Ocorrência de ninfas pequenas e médias (de 1° a 3° ínstar) de <i>Diaphorina citri</i> em brotos de laranjeira	26
4.3 Ocorrência de ninfas grandes (de 4° e 5° instares) de <i>Diaphorina citri</i> em brotos de laranjeira	28
4.4 Ocorrência de qualquer fase imatura de <i>Diaphorina citri</i> (ovos e ninfas de 1° a 5° ínstar) em brotos de laranjeira	29
4.5 Número de ninfas de 1° até 5° ínstar de <i>Diaphorina citri</i> por broto de laranjeira	31
4.6 Significância das associações dos preditores com as variáveis avaliadas	32
5. DISCUSSÃO	39
6. CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	46

1. INTRODUÇÃO

A introdução do huanglongbing (HLB) ou greening nas Américas, no início do século XXI, tem colocado em risco iminente todo o setor citrícola das duas maiores regiões produtoras de laranja (*in natura* e suco) do mundo, São Paulo, no Brasil, e Flórida, nos EUA (BOVÉ, 2006; BELASQUE JUNIOR et al., 2009). Pela importância do setor e por esta doença ser considerada a mais devastadora da citricultura mundial, faz-se necessária a mobilização urgente dos diversos agentes envolvidos na cadeia citrícola para a tomada de ações conjuntas para o seu enfrentamento (BELASQUE JUNIOR et al. 2009).

Por se tratar de uma doença em que não há cura e tampouco cultivares de citros resistentes, o controle do HLB baseia-se no manejo preventivo com a adoção de medidas de exclusão, erradicação e proteção (BOVÉ, 2006; CASTILHOS et al., 2017). As medidas mais recomendadas são o plantio em áreas livres da doença, o uso de mudas saudáveis, a erradicação de plantas infectadas e o controle preventivo do inseto vetor das bactérias causadoras da doença, o psílídeo asiático dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), com pulverizações frequentes de inseticidas (BOVÉ, 2006; YAMAMOTO et al., 2009; BASSANEZI, 2019). Para maior eficácia no controle da doença, a eliminação das fontes de inóculo e o controle do psílídeo devem ser realizados regionalmente, tanto dentro como fora das propriedades comerciais de citros (BASSANEZI et al., 2013).

Por se tratar de um inseto vetor, a mera presença de um psílídeo no pomar justifica a adoção de medidas para o seu controle (BELASQUE JUNIOR et al., 2010). A prevenção inicia-se antes mesmo da implantação do pomar, com a recomendação de aplicação de inseticidas sistêmicos um a cinco dias antes da muda sair do viveiro (DE CARLI et al., 2018). Depois do plantio até o terceiro ano, três a quatro aplicações de inseticidas sistêmicos via *drench* ou no tronco, desde o início ao final das chuvas, também são recomendadas (MIRANDA, 2022). A proteção das plantas em pomares jovens e adultos conta também com pulverizações foliares de inseticidas de contato em intervalos de 7 a 14 dias, definidos, respectivamente, com base no período de proteção dado pelo inseticida aplicado durante o desenvolvimento das brotações (DE CARLI et al., 2018; CIFUENTES-ARENAS et al., 2018) e no tempo do ciclo de desenvolvimento do psílídeo (de ovo a adulto), que varia de 14 a 45 dias, dependendo das condições climáticas (LIU & TSAI, 2000; PARRA et al., 2010). Entretanto, a alta frequência de pulverizações cria

uma pressão de seleção sobre as populações de psilídeos existentes nos pomares, propiciando a seleção de indivíduos resistentes aos principais inseticidas utilizados, especialmente quando não se pratica uma rotação adequada de produtos com modos de ação diferentes (CHEN et al., 2018; GARCÍA-MÉNDEZ et al., 2019).

Os inseticidas empregados no controle do psilídeo apresentam baixa ou nula ação sobre a eclosão de ninfas (ROGERS & STANSLY, 2007; GRAVENA et al., 2010) e a maioria deles não causam a morte do psilídeo nos primeiros três dias após o contato do inseto com o resíduo do produto aplicado (FUNDECITRUS, 2024). Assim, os inseticidas podem reduzir, mas não impedir, que as fêmeas do psilídeo façam a postura de ovos nos brotos antes de morrer e que as ninfas eclodam e atinjam os estádios iniciais de desenvolvimento, mesmo havendo resíduo suficiente do ingrediente ativo sobre as brotações para matar o inseto. Desta forma, a presença de ovos e ninfas do 1º ao 3º instar não necessariamente indica um controle ineficiente do psilídeo dentro da propriedade. Por outro lado, a presença de ninfas de 4º e 5º instares indica falhas no controle do psilídeo dentro do pomar, uma vez que essas falhas permitem o desenvolvimento das ninfas do primeiro aos últimos instares, que podem tornar-se insetos adultos e disseminar a doença. A ineficiência no controle do psilídeo pode ser atribuída à falhas em um ou mais pilares do manejo desse inseto, tais como: o uso de um produto ineficaz ou em dose inadequada (subdose); uma pulverização desuniforme que deixa parte das brotações desprotegidas; um intervalo longo entre aplicações durante a fase de desenvolvimento dos brotos, não acompanhando o ritmo da geração de novos tecidos vegetais; a degradação ou lavagem do produto aplicado pela ação do sol e da chuva, respectivamente; assim como a perda de eficiência do inseticida devido à prática de não rotacionar inseticidas com diferentes modos de ação, favorecendo a seleção de populações resistentes do psilídeo ao produto usado de maneira consecutiva (FUNDECITRUS, 2023b). Além disso, devido a capacidade de dispersão do psilídeo por longas distâncias e sua constante movimentação entre pomares vizinhos, independentemente de serem comerciais ou não, o nível da população externa de psilídeo pode impactar significativamente na presença do inseto em uma propriedade comercial (BOINA et al., 2009).

Conhecer a influência de diferentes fatores na ocorrência dos estágios de *D. citri* dentro dos pomares comerciais é importante para que os citricultores e todos os profissionais envolvidos consigam melhorar a gestão e corrigir falhas no controle do psilídeo para reduzir a disseminação do HLB. Dessa forma, este trabalho teve como

objetivo determinar a influência do intervalo entre aplicações de inseticidas, aliado à prática de rotacionar inseticidas com diferentes modos de ação e ao nível da população externa de psílídeos na ocorrência de diferentes estágios imaturos de desenvolvimento (ovo, ninfas de 1° a 3° instar; ninfas de 4° e 5° instar e qualquer fase) de *D. citri* em brotos de laranjeira doce.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Problemas fitossanitários da citricultura brasileira

O Brasil se destaca na produção de citros, ocupando a primeira colocação mundial na produção de laranja e exportação de suco concentrado de laranja (RISSATO, 2021). O estado de São Paulo é referência nacional na produção citrícola e corresponde a cerca de 70% da área de produção de laranja no país (GIRARDI, 2021). De acordo com a estimativa de safra realizada pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus), a safra 2022/2023 de laranja foi estimada em 316,95 milhões de caixas de 40,8 kg no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro (FUNDECITRUS, 2023a).

Um dos principais desafios da citricultura brasileira tem sido o controle de problemas fitossanitários (MENDONÇA & SILVA, 2006). As primeiras pragas citadas na citricultura brasileira foram as formigas saúvas (GRAVENA, 2017). Atualmente, diversas pragas, como ácaros, cochonilhas, formigas, coleobrocas, pulgões, cigarrinhas, psílídeo, lepidópteros e as moscas-das-frutas, atacam os pomares e comprometem a produtividade (PONTIN, 2022; MOREIRA et al., 2022). A primeira doença de grande importância para a citricultura brasileira foi a gomose no início do século XX, seguida pela tristeza dos citros que dizimou os pomares entre 1937 e 1949 (MELO & ANDRADE, 2006). Assim como essas doenças, o declínio dos citros, na década de 70, e a morte súbita dos citros, no início dos anos 2000, também tiveram grande importância e todas foram controladas com o uso de porta-enxertos resistentes ou tolerantes (MEDINA FILHO et al., 2003). Na década de 90 e início dos anos 2000, a clorose variegada dos citros, causada por *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca*, comprometeu quase metade das laranjeiras paulistas, mas foi controlada eficientemente com o plantio de mudas sadias produzidas em viveiros protegidos com tela anti-vetor, eliminação ou poda de plantas doentes e controle preventivo das cigarrinhas vetoras (COLETTA-FILHO et al., 2020). Atualmente, dentre as principais doenças da citricultura brasileira destacam-se a podridão floral dos citros, a pinta preta dos citros, a leprose dos citros, o cancro cítrico e o Huanglongbing (HLB) ou greening, que afetam significativamente a produção e a qualidade cosmética e/ou industrial da laranja (MELO & ANDRADE, 2006; MOREIRA et al., 2022).

2.2 Huanglongbing (HLB)

Entre as enfermidades que afetam os pomares de citros, o HLB destaca-se como a mais grave e devastadora em escala global, representando uma ameaça séria ao futuro

da citricultura (BOVÉ et al., 2006; LV et al., 2023). Este título se dá pela sua rápida disseminação, gravidade dos sintomas, impactos na produção e na qualidade dos frutos e complexidade e dificuldade no controle, uma vez que não existem variedades comerciais resistentes e nem métodos de cura eficazes (BOVÉ et al., 2006).

Há associações confirmadas de três espécies de bactérias gram-negativas, classificadas como α -Proteobactéria, com o desenvolvimento da doença: *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Las); *Ca. L. africanus* (Laf) e *Ca. L. americanus* (Lam) (BOVÉ et al., 2008). No Brasil, mais especificamente em São Paulo, Lam e Las foram identificadas em 2004, porém Las é a mais disseminada, tanto no país, como em outros países das Américas do Sul, Central e do Norte (CAPOOR et al., 1964; BOVÉ et al., 2008; CASTILHOS et al., 2017; BASSANEZI et al., 2019). Essas bactérias colonizam os vasos do floema, causando a interferência nas atividades essenciais das plantas por interromper o fluxo de seiva elaborada, que leva à perda gradativa de vitalidade da planta e afeta a quantidade, tamanho e a qualidade dos frutos (SINGERMAN & USECHE, 2016). Dependendo da idade da planta no momento da infecção pode levar de 1 a 5 anos a partir do aparecimento dos primeiros sintomas para a inviabilização completa da capacidade produtiva da planta (LOPES et al., 2009; GIRARDI et al., 2011). Nas plantas infectadas, o HLB provoca sintomas bem característicos, como, amarelecimento de ramos, que se destacam na copa da planta e podem progredir rapidamente para a queda de folhas e seca dos ponteiros. Nas folhas, os sintomas se apresentam na forma de mosqueado (clorose assimétrica e em gradiente na lâmina foliar) e amarelecimento e proeminência das nervuras. Nos frutos, a doença causa redução do tamanho, deformação, manchas na casca, inversão de coloração, abortamento de sementes, maturação irregular com piora de qualidade do suco e queda prematura (GIRARDI et al., 2011; PORTO et al., 2021).

A transmissão das bactérias ocorre basicamente de duas formas, por meio da enxertia com material propagativo infectado e, a mais comum, por meio de insetos vetores (LOPES, et al., 2009; PARRA et al., 2010; NASCIMENTO, 2010; BASSANEZI et al., 2010). Atualmente, são conhecidas duas espécies de insetos vetores dos agentes causais do HLB: o triozídeo africano dos citros *Trioza erytrae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae), nativo da África e responsável pela transmissão de Laf que causa o greening dos citros africano (MCCLEAN & OBERHOLZER, 1965; BOVÉ, 2006; AIDOO et al., 2019); e o psílídeo asiático dos citros *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), tido como principal vetor dos citros da Ásia e das Américas, transmissor de Las e Lam (YANG et al., 2006; YAMAMOTO et al., 2009; MIRANDA et al., 2018).

Uma das características que confere à doença grande importância é sua notável capacidade de disseminação a curtas e longas distâncias. De modo geral, o HLB é disseminado no próprio local, dentro do pomar, pela capacidade de voo do psílídeo, assim como regionalmente, em longas distâncias, por meio do transporte do psílídeo pelas correntes de vento e em plantas de citros e em outras plantas hospedeiras (BASSANEZI et al., 2010). Portanto, o controle preventivo do psílídeo vetor é visto como um dos pontos-chaves do manejo do HLB, sendo um desafio considerável evitar a disseminação da doença e, principalmente, a infecção de novas plantas (BOVÉ et al., 2006; CASTILHOS et al., 2017).

2.3 Psílídeo asiático dos citros (*Diaphorina citri* Kuwayama)

O psílídeo asiático dos citros é um inseto exótico, descrito em Taiwan por volta de 1907, e têm distribuição em vários países do sul asiático, do Oriente Médio e Américas do Norte, Central e do Sul (HALBERT & MANJUNATH, 2004; BASSANEZI et al., 2020). Foi citado pela primeira vez no Brasil por volta de 1930 no estado do Rio de Janeiro (COSTA, 1936; MARSARO JÚNIOR et al., 2014), mas assumiu maior importância como inseto a ser controlado após a identificação do HLB no Brasil em 2004 (COLETTA-FILHO et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2005) e na Flórida em 2005 (HALBERT, 2007), por ser vetor das bactérias associadas a essa doença. *Diaphorina citri* é um inseto hemíptero cujo hábito alimentar envolve a sucção de seiva elaborada das plantas (GARZO et al., 2012). Em si, tal característica não teria grande relevância para a citricultura, no entanto, o psílídeo é um vetor altamente eficiente das bactérias responsáveis pelo HLB, com ampla distribuição e adaptação à cultura dos citros, justificando a importância do seu controle (BOVÉ et al., 2006; PARRA et al., 2010; GARZO et al., 2012; LEONG, LEONG & BEATTIE, 2022).

O psílídeo tem como plantas hospedeiras espécies da família Rutaceae, porém apesar de ter sido encontrado em diversas espécies, não são todas em que ele completa o ciclo de desenvolvimento, isto é, pode até colocar ovos, mas não ocorre o desenvolvimento das ninfas na planta (HALBERT & MANJUNATH, 2004; PARRA et al., 2010). As principais espécies que os psílídeos completam o seu ciclo são *Citrus* e outras similares, como as plantas do gênero *Fortunella*, além de *Murraya paniculata* (L.) Jack, conhecida popularmente como falsa-murta, murta-de-cheiro ou jasmim-laranja (PARRA et al., 2010), e em plantas de curry, *Murraya koenigii* (L.) (BELOTI, 2018).

Uma vez adquirida a bactéria pelo psíldeo, há um período de latência até que o psíldeo esteja apto a transmiti-la. No caso de Las em *D. citri*, este período tem duração média de 16,8 e 17,8 dias para ninfas e adultos, respectivamente (AMMAR, SHATTERS & HALL, 2011; CANALE et al. 2017). Nesse período, a bactéria circula e se multiplica no corpo do psíldeo até que atinja concentração bacteriana suficiente para sua transmissão, que ocorrerá por toda a longevidade do inseto (LOPES et al., 2009; PARRA et al., 2010; CANALE et al. 2017; CANALE, KOMADA & LOPES, 2020). Esta relação patógeno-vetor do tipo persistente propagativa caracteriza *D. citri* como um excelente hospedeiro das bactérias do HLB.

O ciclo de desenvolvimento do psíldeo compreende três estágios: ovo, ninfa e adulto (Fig.1). Os ovos de *D. citri* têm aproximadamente 0,3 mm de comprimento, são alongados, na forma de amêndoa, mais grosso na base e afinado em direção à extremidade distal. Os ovos recém-postos são claros, mas depois ficam amarelos e finalmente laranja antes de eclodirem (COSTA LIMA, 1942). Essa fase, da postura até a eclosão da ninfa, tem duração média de 3 a 4 dias (PARRA et al., 2010). A fase de ninfa, característica de insetos com desenvolvimento hemimetábolo, tem duração média de 14 dias, com cinco estádios chamados de ínstars, que compreende o intervalo entre as ecdises (PARRA et al., 2010). As ninfas de *D. citri* têm 0,25 mm de comprimento durante o primeiro ínstar e 1,5 a 1,7 mm no último ínstar. Sua cor é geralmente laranja-amarelada, sem manchas abdominais, e apresenta os olhos avermelhados. As almofadas das asas são grandes e apresentam grandes filamentos confinados à placa apical do abdômen. As ninfas mais velhas mostram asas em formação (tecas alares). As ninfas eliminam substâncias açucaradas e cerosas em grande quantidade, que caem sobre as folhas em filamentos brancos (COSTA LIMA, 1942). Essa fase têm a particularidade de pouca mobilidade, ficando as ninfas fixas na folha das plantas apenas se alimentando, sem dispersão (LIU & TSAI, 2000). A fase adulta, pelo contrário, compreende o estágio móvel do psíldeo, com pernas e asas desenvolvidas que permitem boa locomoção em curtas e longas distancias, visto que possui as capacidades de andar e voar (GARZO, et al., 2012). Os adultos têm pouco mais de 2 mm de comprimento e corpo manchado de marrom, com a cabeça marrom clara. A asa posterior é transparente e a anterior é mais larga na metade apical, manchada e com uma faixa marrom estendendo-se ao redor da periferia da metade externa da asa. Esta faixa é ligeiramente interrompida perto do ápice. As antenas têm pontas pretas com duas pequenas manchas marrons claras nos segmentos intermediários (COSTA LIMA, 1942). O ciclo total do psíldeo (ovo-adulto) pode durar de 14,1 a 49,3

dias, conforme fatores externos, com ênfase à temperatura que exerce maior influência (LIU & TSAI, 2000; PARRA et al., 2010).

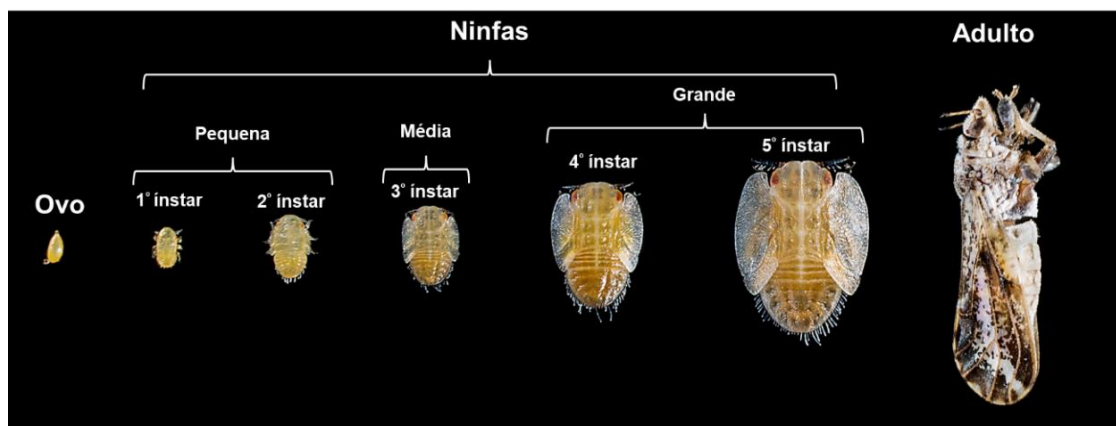


Figura 1. Estágios de desenvolvimento do psilídeo asiático dos citros *Diaphorina citri* (Fonte: <https://www.fundecitrus.com.br/imgcorponoticia/1614283677.jpg>)

Na planta, o psilídeo tem preferência pelos brotos novos, fato atribuído às características morfológicas do seu aparelho bucal com estiletes curtos, medindo cerca de 500 μm , que buscam por partes vegetais mais tenras que facilitem sua alimentação (YAMAMOTO; PAIVA; GRAVENA, 2001; PARRA et al., 2010; GARZO et al., 2012). Um fator importante na relação do psilídeo com a planta de citros é a forte influência dos diferentes estádios vegetativos, tanto na biologia reprodutiva, quanto na transmissão da bactéria (CIFUENTES-ARENAS, 2017; LOPES & CIFUENTES-ARENAS, 2021). Os ovos são postos nas gemas recém-brotadas e as ninfas desenvolvem-se de maneira sincronizada com o crescimento do ramo (PARRA et al., 2010). Nos primeiros estádios vegetativos, de V1 (intumescimento das gemas) a V4 (brotação com ponteiros sem emissão de folhas novas e expansão dos limbos foliares), ocorrem as maiores taxas de oviposição e de desenvolvimento completo das ninfas (CIFUENTES-ARENAS, 2017). Nesses estádios também ocorrem as maiores taxas de transmissão de Las pelo psilídeo (LOPES & CIFUENTES-ARENAS, 2021). Portanto, é importante proteger com rigor os brotos durante todo o seu desenvolvimento contra o psilídeo para obter um controle efetivo do HLB.

2.4 Controle do HLB

Dado ao difícil acesso à bactéria no floema das plantas infectadas e à ausência de produtos curativos, as alternativas para o manejo da doença são limitadas (BOVÉ et al, 2006). Até que alternativas de cura das plantas doentes ou cultivares resistentes sejam desenvolvidas, de modo a serem economicamente viáveis e acessíveis aos citricultores, o manejo do HLB requer a implementação simultânea de medidas de exclusão, erradicação e proteção (BELASQUE JÚNIOR, et al. 2009; BELASQUE JÚNIOR et al, 2010; LEE, et al., 2015). As principais estratégias utilizadas no manejo do HLB envolvem a escolha de áreas livres ou com baixa incidência da doença; o uso de mudas saudáveis, provenientes de viveiros certificados e protegidos; inspeção e erradicação de plantas sintomáticas; o monitoramento das populações de *D. citri* e a proteção das plantas contra o psilídeo (BOVÉ et al, 2006; BELASQUE JÚNIOR, et al. 2009; BELASQUE JÚNIOR et al, 2010; LEE, et al., 2015; LOPES et al., 2015; BASSANEZI et al., 2019). Além disso, é indicada a inserção da propriedade em programas de manejo regional da doença, com ações de eliminação de fontes de inóculo e controle do vetor dentro e fora da propriedade (BASSANEZI et al., 2013; AYRES et al., 2018).

A eficácia da eliminação de plantas doentes no controle do HLB é desafiada por dois fatores: a incapacidade de se detectar todas as plantas infectadas visualmente ou por PCR e pelo longo período de incubação em relação ao período de latência da doença (BELASQUE JÚNIOR et al., 2009; BASSANEZI et al., 2010; BASSANEZI et al., 2013). O período de latência do HLB, que é o tempo entre a infecção e o momento em que a bactéria pode ser adquirida pelo vetor, é de apenas 10 a 15 dias (LEE et al., 2015). Por sua vez, o período de incubação da doença, que é o intervalo de tempo entre a infecção até o aparecimento dos primeiros sintomas, pode ser de 4 a 10 meses, com média de 6 meses (BASSANEZI et al., 2010; BASSANEZI et al., 2013; LEE, et al., 2015). Portanto, além dos escapes que geralmente ocorrem durante as inspeções feitas para detectar plantas doentes, o curto período de latência e o longo período de incubação do HLB permitem, na ausência de um controle efetivo do psilídeo, que plantas infectadas sirvam como fonte de inóculo por alguns meses antes de serem identificadas e eliminadas do pomar (BELASQUE JÚNIOR et al., 2009; BASSANEZI et al., 2013). O desafio é ainda maior quando, além de eliminar as plantas doentes nos pomares comerciais, se deseja eliminar também todas as fontes de inóculo nas propriedades não comerciais nas áreas circundantes à propriedade comercial (BASSANEZI et al., 2013).

Para aumentar a margem de sucesso no manejo do HLB, o controle preventivo do psilídeo é outra estratégia fundamental (BASSANEZI et al., 2019). Monitorar as populações de *D. citri* é o ponto de partida para o seu controle (LOPES et al., 2015). As abordagens mais frequentes para o monitoramento regular das populações de *D. citri* incluem a inspeção visual de brotos para ovos, ninfas e adultos, e o uso de cartões adesivos amarelos, redes entomológicas e golpeio de ramos sobre uma folha de papel branco para adultos (LOPES et al., 2015; MIRANDA et al., 2018; LEONG; LEONG & BEATTIE, 2022). O controle do psilídeo tem dois objetivos fundamentais: i) reduzir a população do vetor, interrompendo o seu ciclo de desenvolvimento, impedindo que atinja a fase adulta, e, assim, inibindo a multiplicação e disseminação de populações de insetos infectados ou com potencial de se tornarem infectados; e ii) evitar que o psilídeo se alimente e transmita a bactéria para plantas sadias (BASSANEZI et al., 2019). Ele pode ser realizado pelo uso de inseticidas químicos associados ou não a agentes de controle biológico, como microrganismos entomopatogênicos, insetos parasitoides ou predadores, ou produtos repelentes, como o caulim (MIRANDA et al., 2021; LEONG, LEONG, BEATTIE, 2022).

Por se tratar de um inseto vetor, o método de controle químico é o mais recomendado por entregar resultado de maneira mais rápida e com maior eficiência (YAMAMOTO et al., 2009; YAMAMOTO, LOST FILHO & PAZINI, 2022). O controle químico de *D. citri* é realizado com aplicações de inseticidas sistêmicos via *drench* ou no tronco do plantio até o terceiro ano, associado com pulverização foliar de inseticidas de contato. A partir do terceiro ano, somente são aplicados inseticidas de contato em intervalos curtos, para que se mantenha uma proteção eficaz nos brotos durante o seu desenvolvimento, uma vez que estes inseticidas não apresentam sistemicidade quando aplicados sobre as folhas (MIRANDA, 2022). Os grupos químicos utilizados no controle químico de *D. citri* no Brasil incluem os piretroides, organofosforados, neonicotinoides, éter piridiloxipropílico, carbamatos, sulfoxaminas, espinosina e diamidas (FUNDECITRUS, 2024). Devido à sua maior acessibilidade financeira, os grupos químicos mais usados são os piretroides e neonicotinoides. Contudo, alguns pontos podem comprometer a eficácia do controle químico, e ocasionar falhas de controle (YAMAMOTO et al., 2009; LEONG; LEONG & BEATTIE, 2022). Estas falhas podem ocorrer por diversos motivos, dos quais, pode-se citar: uso de produtos pouco eficientes ou em subdose; a redução do período residual dos inseticidas de contato, geralmente causada por lavagem dos produtos por meio de chuvas recorrentes ou degradação pela

luz ou temperatura; o surgimento de novos brotos e/ou o desenvolvimento dos brotos com o crescimento de novos tecidos desprotegidos após a pulverização; a pulverização feita incorretamente, não cobrindo adequadamente o alvo devido à má regulagem e calibragem do equipamento, distância inadequada dos bicos em relação aos ramos e plantas muito altas ou pomares adensados e não podados (YAMAMOTO et al., 2009; LOPES & CIFUENTES-ARENAS, 2021; FUNDECITRUS, 2023b). Outro fator que tem comprometido a eficiência do controle químico é a seleção de populações de psílídeos resistentes aos principais grupos químicos utilizados devido a aplicações consecutivas de um mesmo grupo químico (CHEN et al., 2018).

Frente à eficácia parcial das medidas de erradicação de plantas doentes e do controle do vetor somente dentro da propriedade em evitar a ocorrência de novas infecções, para o controle do HLB faz-se necessária a integração de outras medidas como:

- i) Escolha do local de plantio, buscando áreas com livres ou baixa incidência da doença;
- ii) Planejamento do pomar, atentando-se para o tamanho e forma da propriedade, adensamento e direção de plantio na faixa de borda, plantio de mudas saudáveis, seleção de combinações copa/porta-enxerto menos atrativos ao vetor ou mais tolerantes à doença ou com porte menor que favoreça o controle do psílídeo, e aplicação de caulim repelente;
- iii) Adoção de boas práticas culturais, como nutrição e irrigação para acelerar o desenvolvimento e produtividade das plantas;
- iv) Inserção da propriedade no programa de manejo regional da doença com ações de eliminação de fontes de inóculo e controle do vetor também fora da fazenda (BASSANEZI et al., 2013; AYRES et al., 2018; LEONG; LEONG & BEATTIE, 2022).

2.5 Resistência de *Diaphorina citri* a inseticidas

A resistência a inseticida é definida como a capacidade de um organismo em desenvolver uma determinada linhagem que tolere níveis de uma molécula tóxica que seria letal para a maioria dos indivíduos de uma mesma população (WHO, 1957). Essa característica pode ser desenvolvida por mecanismos de resistência, como mudança comportamental, modificação fisiológica ou desintoxicação metabólica (NANNAN et al. 2006). A seleção de indivíduos resistentes em uma população de insetos, normalmente decorre de pressões seletivas exercidas pelo uso contínuo de uma determinada molécula com mesmo modo de ação (GEORGHIOU 1994; OMOTO, 2004). Os principais passos envolvidos neste processo de seleção, incluem: i) exposição inicial de uma determinada

população; ii) variação genética natural, do qual, alguns insetos podem ter características genéticas que os tornam mais resistentes; iii) morte dos suscetíveis, ou não resistentes e; iv) reprodução dos indivíduos resistentes e, conseqüentemente o aumento da frequência dos indivíduos resistentes (CRUZ, 2002; NANNAN et al. 2006).

Com o agravamento do HLB nos pomares da Flórida e de São Paulo, o uso de inseticidas químicos foi sendo intensificado (BASSANEZI et al., 2020; GRAHAM, 2020). Essa necessidade de um programa intensivo de controle com pulverizações mais frequentes no controle do psilídeo, elevou as chances de selecionar populações resistentes (CHEN et al., 2017, 2018, 2021). A exposição contínua do inseto a uma mesma molécula pode desenvolver um mecanismo de aumento no metabolismo e produção de enzimas que neutralizam parte ou totalidade da ação dos inseticidas, e assim, selecionar uma linhagem resistente (TIWARI et al., 2011; GARCÍA et al., 2013; CHEN et al., 2018).

Entre 2009 a 2010, trabalhos de pesquisa realizados na Flórida mostraram que a suscetibilidade de psilídeos adultos aos inseticidas clorpirifós, malationa tiametoxam, imidacloprido e fenpropatrina estava diminuindo, assim como observaram indícios de resistência em populações de ninfas de *D. citri* a carbaril, clorpirifós, imidacloprido e espinetoram (TIWARI et al., 2011). Em 2011, pouco mais de 6 anos após a descoberta do HLB na Flórida, foi confirmado o primeiro caso de resistência do psilídeo aos neonicotinoides e piretroides (TIWARI et al., 2011; COY, BIN & STELINSKI, 2016), seguido por relatos no México (GARCÍA et al., 2013; PARDO et al., 2018; GARCÍA-MÉNDEZ et al, 2019; RAMÍREZ-SÁNCHEZ et al., 2023), no Paquistão (NAEEM, et al, 2016) e em alguns condados e províncias da China (YI, et al., 2020). No estado de São Paulo, o crescente aumento da população de psilídeos nos pomares desde 2019, com maior captura de adultos nos cartões adesivos amarelos e observações mais frequentes de ninfas e adultos nas plantas, levou ao início de estudos sobre possíveis falhas no controle do inseto, incluindo estudos da resistência do psilídeo aos inseticidas. Com a restrição de uso de inseticidas organofosforados a partir de 2019, muitos citricultores limitaram o seu programa de controle do psilídeo aos inseticidas piretroides e neonicotinoides, por serem os mais acessíveis economicamente, aumentando a pressão de seleção por psilídeos resistentes. Em 2023, foi demonstrada a existência de populações de psilídeo resistentes aos piretroides, neonicotinoides e organofosforados nos pomares paulistas (AMARAL et al., 2023), tornando fundamental estudos que demonstrem a importância da rotação de inseticidas para o controle efetivo e duradouro do psilídeo.

A rotação de inseticidas com diferentes modos de ação é essencial para o manejo de resistência de insetos aos inseticidas, pois interrompe a exposição repetitiva de indivíduos resistentes da população do inseto a um produto químico por um tempo, permitindo que a suscetibilidade possa ser restaurada com o cruzamento de gerações e redução da frequência de alelos resistentes nas populações de campo (TABASHNIK, 1989; GEORGHIOU, 1994; KANGA et al., 2016; CHEN & STELINSKI, 2017). A exigência de rotacionar corretamente os inseticidas preserva eficiência das poucas moléculas químicas utilizadas no controle do psilídeo (PARDO et al., 2018; CHEN et al., 2021; YAMAMOTO, LOST FILHO & PAZINI, 2022). Monitorar e rastrear o potencial desenvolvimento de resistência com base em observações às respostas à toxicidade da linhagem de psilídeo em campo ajudam na otimização das aplicações de inseticidas e minimizam o risco de resistência (VANACLOCHA et al., 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e seleção das áreas experimentais e características das regiões

O trabalho foi realizado em 300 talhões distribuídos em 58 propriedades localizadas em 27 municípios do estado de São Paulo, dentro do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro, sendo eles: Aguai, Avaí, Avaré, Bebedouro, Boa Esperança, Borborema, Casa Branca, Conchal, Gália, Iacanga, Itápolis, Lucianópolis, Mococa, Mogi Guaçu, Monte Azul, Pederneira, Pirajuí, Pirassununga, Pratânia, Presidente Alves, Reginópolis, Rincão, São Pedro do Turvo, Severínia, Tabatinga, Tambaú e Ubirajara (Fig. 2).

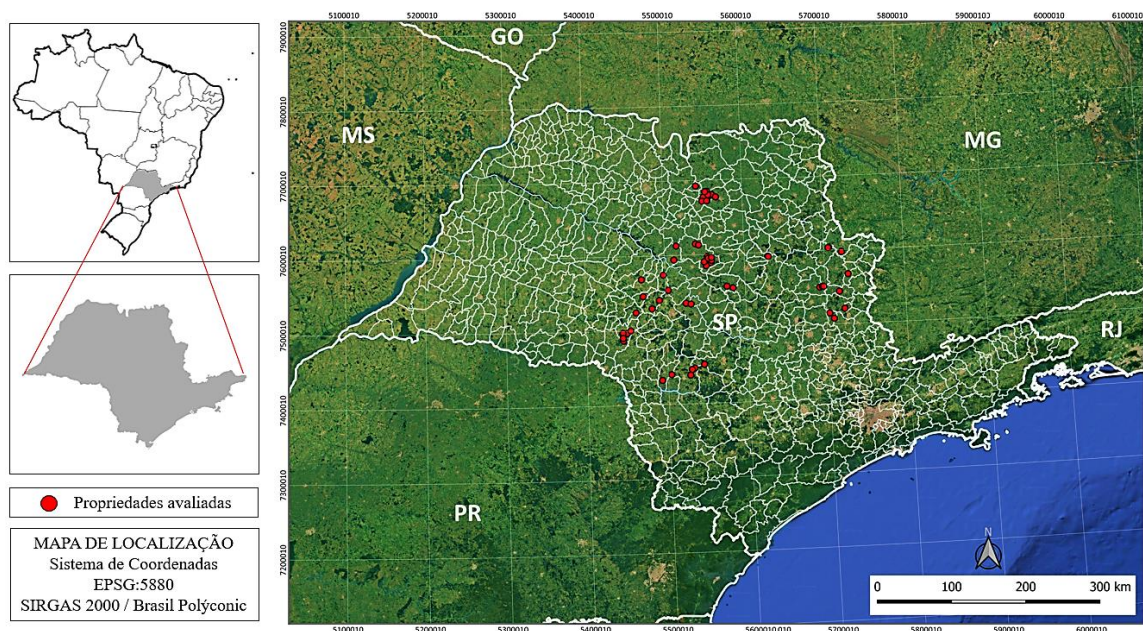


Figura 2. Localização geográfica no estado de São Paulo, Brasil, das propriedades comerciais de citros (pontos vermelhos) nas quais foram realizados os experimentos no ano de 2022.

Estes municípios fazem parte de seis regiões do cinturão citrícola, de acordo com a classificação feita pelo Departamento de Pesquisa de Estimativa de Safra (PES) do Fundecitrus para São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro (Fig. 3), nas quais estão 71% de um total de 199,3 milhões de laranjeiras do cinturão citrícola: região de Avaré com 29,2 milhões de árvores correspondendo a 14,7% das plantas do cinturão citrícola; região de Duartina com 33,3 milhões de árvores, 16,7% do total; região de Matão, com 18,2 milhões de árvores, 9,1% do total; região de Limeira com 16,8 milhões de planta, 8,4% do total; região de Porto Ferreira com 19,7 milhões de árvores correspondente a 9,9% do

total; e região Bebedouro com 24,4 milhões de árvores, 12,3% do total (FUNDECITRUS, 2022).

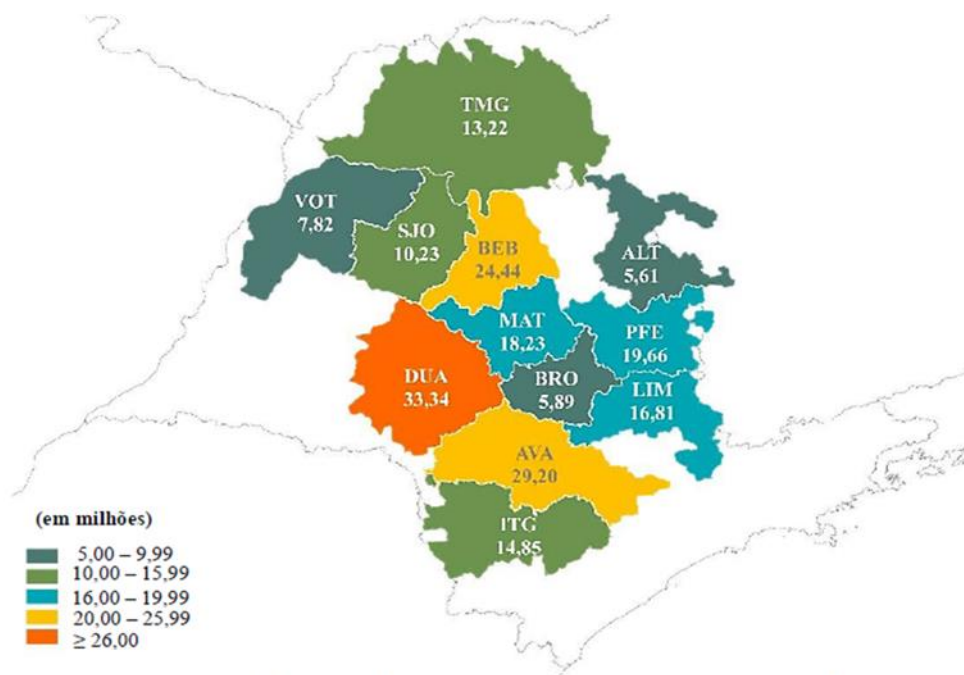


Figura 3. Distribuição do número total de árvores de laranja doce (em milhões) nas regiões do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro (Baseado no inventário de árvores e estimativa da safra de laranja 2022/23). VOT – Votuporanga, SJO – São José do Rio Preto, TMG – Triângulo Mineiro, BEB – Bebedouro, ALT – Altinópolis, DUA – Duartina, MAT – Matão, BRO – Brotas, PFE – Porto Ferreira, LIM – Limeira, AVA – Avaré e ITG – Itapetininga.

De acordo com os dados do levantamento de captura de psilídeos do Alerta Fitossanitário do Fundecitrus para o ano de 2022, que conta com mais de 30 mil cartões adesivos amarelos distribuídos em todo o cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro e avaliados quinzenalmente, as regiões selecionadas para realização do trabalho são as com maiores índices médios de captura. Em 2022, a população média de psilídeos capturados nessas regiões variou de 0,7 (região de Araraquara) a 6,9 (região de Novo Horizonte) psilídeos por cartão por quinzena, sendo bastante expressiva, quando comparada à média de 1,7 psilídeo por cartão por quinzena para o todo o cinturão citrícola (Fig. 4). Nas regiões selecionadas para o levantamento foram capturados 71% de todos os psilídeos capturados no cinturão citrícola em 2022.

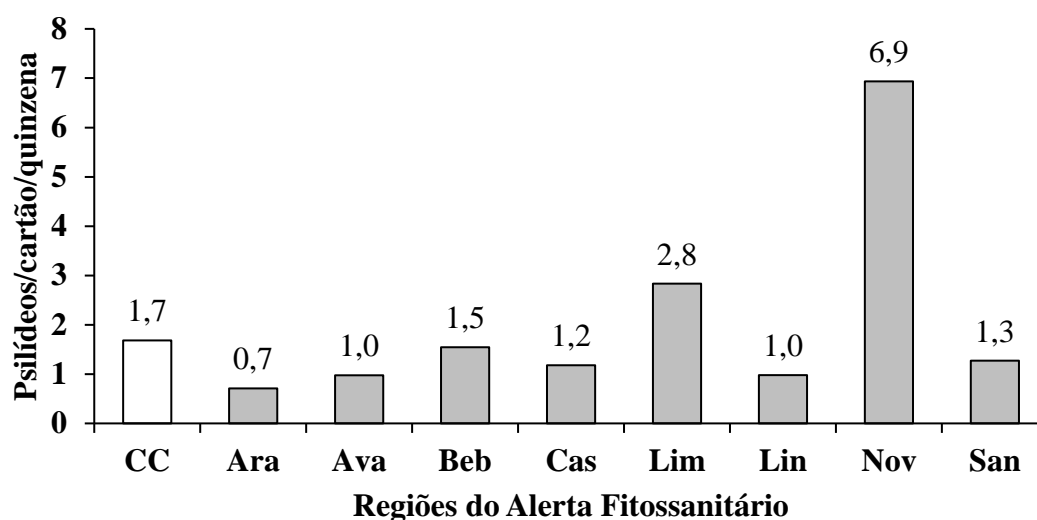


Figura 4. Média de adultos de *Diaphorina citri* capturados por cartão adesivo amarelo por quinzena em todo cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro (CC) e nas regiões (Ara - Araraquara, Ava - Avaré, Beb - Bebedouro, Cas - Casa Branca, Lim – Limeira, Lin – Lins, Nov - Novo Horizonte e San - São José do Rio Preto) do Alerta Fitossanitário do Fundecitrus no ano de 2022.

Todas as propriedades incluídas na avaliação foram escolhidas com base em critérios de confiabilidade e transparência das informações fornecidas. Os programas de manejo adotados para o controle do psilídeo em cada propriedade foram minuciosamente examinados para assegurar sua adequação aos critérios estabelecidos para os fatores analisados. Foram consideradas apenas propriedades que aplicavam os inseticidas nas doses de bula e nos volumes de calda entre 40 e 70 ml/m³ de copa. Os procedimentos para a seleção das propriedades incluíram a identificação de produtores comerciais de laranja com relevância para a cadeia citrícola, visitas às propriedades, diálogos com os produtores e agrônomos responsáveis em diferentes regiões produtoras de São Paulo. Essas medidas foram adotadas com o objetivo de garantir a confiabilidade e precisão dos resultados, além de refletir de maneira fiel a realidade observada no campo.

3.2 Período de avaliação

As avaliações foram conduzidas no período de 05 de julho a 15 de novembro de 2022 com o intuito de maximizar a probabilidade de detecção de psilídeos nas áreas sob análise. No estado de São Paulo, os meses de julho a novembro abrangem parte do inverno e da primavera. Nesses cinco meses de 2022, considerando as regiões onde foram feitas as avaliações, a precipitação acumulada foi de 291 mm, com médias de temperatura

mínima de 15°C e máxima de 29°C, dando condições favoráveis para a emissão de fluxos vegetativos e a presença de brotações nas plantas de citros (BARTON & KORICHEVA, 2010; CIFUENTES-ARENAS et al., 2018). Segundo Parra et al. (2010), o psilídeo tem preferência pelos brotos novos para se alimentar e reproduzir. Assim, havendo brotações espera-se encontrar uma maior população de psilídeos. De acordo com o histórico de captura de psilídeos do Sistema de Alerta Fitossanitário do Fundecitrus de 2018 a 2022, os maiores índices de capturas de psilídeo estão entre os meses de julho a janeiro, atingindo os valores máximos entre os meses de setembro a novembro (Fig. 5). Considerando o acumulado médio da captura de psilídeos de 2018 a 2022, os meses de julho a novembro, corresponderam a 60,8% dos psilídeos capturados no ano (Fig. 5). De acordo com Zorzenon (2019), os picos populacionais de *D. citri* no estado de São Paulo iniciam-se na 30ª semana do ano, que corresponde a segunda metade do mês de julho, e vai até a 46ª semana, início do mês de novembro.

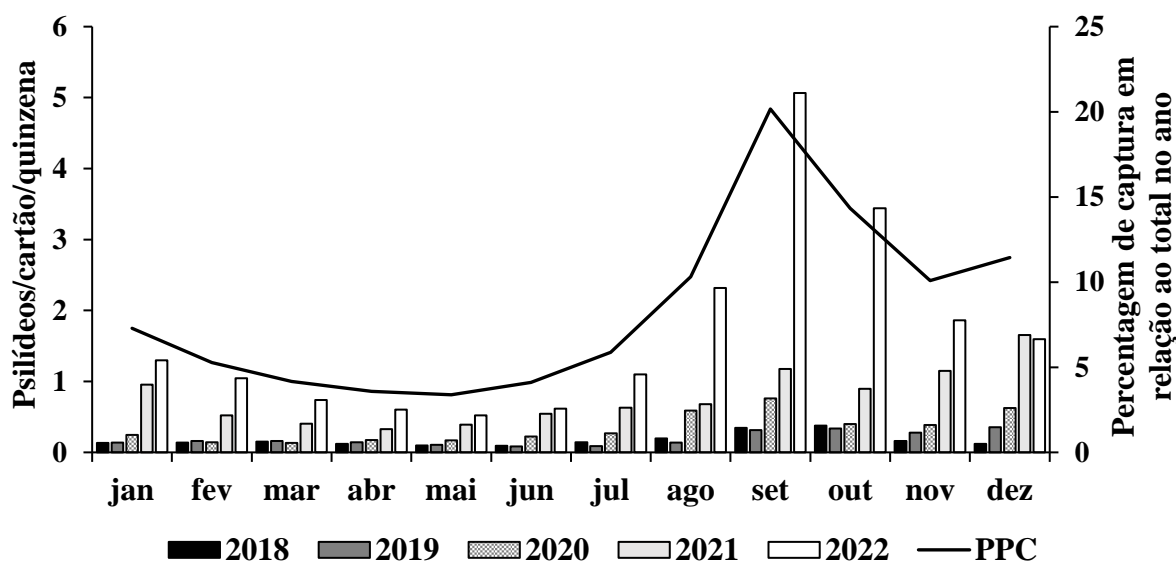


Figura 5. Média de adultos de *Diaphorina citri* capturados por cartão adesivo amarelo por quinzena em todo cinturão citrícola em cada mês nos anos de 2018 a 2022 e porcentagem de psilídeos capturados (PPC) no mês em relação ao total capturado no ano considerando o acumulado de 2018 a 2022. (Fonte: Fundecitrus, Alerta Fitossanitário).

3.3 Tratamentos

O trabalho foi conduzido como pesquisa descritiva por meio de um levantamento de campo. Foram realizadas avaliações em talhões de propriedades comerciais de laranja

já existentes, selecionados com base em características específicas para os tratamentos preestabelecidos.

Foram analisados três preditores no estudo. O primeiro preditor, denominado “intervalo de aplicação”, compreendeu três níveis distintos: 7 dias, 15 dias e ≥ 28 dias, representando os intervalos entre as aplicações de inseticidas de contato utilizados no controle do psilídeo em pomares de citros. O segundo preditor, intitulado “rotação de inseticidas”, foi dividido em duas categorias: Rotação adequada (RA) e Rotação inadequada (RI). O terceiro preditor analisado foi intitulado como “população externa de psilídeos”, que indica as médias de captura de psilídeos adultos em cartões adesivos amarelos externos à propriedade durante as duas últimas quinzenas anteriores à avaliação. Este preditor contempla dois níveis: captura média $\leq 1,5$ psilídeo por cartão por quinzena e $> 1,5$ psilídeo por cartão por quinzena (Tabela 1).

A escolha dos intervalos de 7 e 15 dias, que compõe os dois primeiros níveis do primeiro preditor, foi feita com base nas práticas recomendadas e empregadas em campo, embasadas em estudos sobre o tempo de proteção dos inseticidas nas plantas, desenvolvimento dos brotos e ciclo de desenvolvimento do psilídeo (YAMAMOTO et al., 2009; MIRANDA et al., 2018; DE CARLI, et al. 2018). Como ainda há produtores que realizam pulverização em intervalos mensais, foi assumido um intervalo maior ou igual a 28 dias para representar este intervalo.

A classificação do tipo de rotação de inseticidas foi fundamentada em indicação feita pelo Comitê de Ações à Resistência a Inseticidas (IRAC-BR, 2022) e outros autores como Georghiou (1983) e Omoto (2004), dos quais definem como rotação adequada (RA) a não aplicação consecutiva de inseticidas com o mesmo modo de ação (mesmo que em mistura com outro inseticida), de forma a não se repetir em, no mínimo, três aplicações consecutivas. Para prática de rotação inadequada (RI), foi definida como a aplicação seguida de inseticidas com o mesmo modo de ação entre uma ou duas aplicações consecutivas. Neste trabalho foram consideradas apenas as últimas cinco aplicações de inseticidas antes da avaliação no talhão.

A população externa de psilídeos foi determinada com base nas condições das propriedades. Inicialmente, essas propriedades foram selecionadas e avaliadas de acordo com os preditores intervalo de aplicação e rotação de inseticidas. Após essa avaliação, foram levantados os históricos de captura de psilídeos em cartões localizados em um raio de até 5 km de cada uma das propriedades avaliadas, das duas últimas quinzenas

anteriores às respectivas avaliações. De acordo com os dados obtidos as propriedades foram classificadas em dois níveis: $\leq 1,5$ e $> 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena.

No total do trabalho, foram considerados 12 tratamentos resultantes da combinação dos três intervalos de aplicação, das duas categorias de rotação e dos dois níveis de população externa de psilídeos (Tabela 1).

Tabela 1. Combinações dos tratamentos de intervalo de aplicação, rotação de inseticidas e população externa de psilídeo e respectivos números de talhões, plantas e brotos avaliados.

Trat.	Intervalo de aplicação (dias)	Rotação de inseticidas	População externa de psilídeos	Nº talhões	Nº plantas	Nº brotos
1	7	Adequada	$\leq 1,5$	28	280	840
2	7	Adequada	$> 1,5$	22	220	660
3	7	Inadequada	$\leq 1,5$	19	190	570
4	7	Inadequada	$> 1,5$	31	310	930
5	15	Adequada	$\leq 1,5$	30	300	900
6	15	Adequada	$> 1,5$	20	200	600
7	15	Inadequada	$\leq 1,5$	22	220	660
8	15	Inadequada	$> 1,5$	28	280	840
9	≥ 28	Adequada	$\leq 1,5$	17	170	510
10	≥ 28	Adequada	$> 1,5$	33	330	990
11	≥ 28	Inadequada	$\leq 1,5$	18	180	540
12	≥ 28	Inadequada	$> 1,5$	32	320	960

3.4 Coleta de dados e avaliações

Os dados foram coletados por meio do levantamento em campo nas propriedades selecionadas. Antes de iniciar o levantamento, em 27 de abril de 2022, conduziu-se um ensaio preliminar com o propósito de estabelecer a metodologia de avaliação. O objetivo era identificar e corrigir alguns pontos, como a disposição das plantas dentro de cada talhão, a determinação da área da copa da planta para amostragem dos brotos, a seleção aleatória dos brotos e o tempo de avaliação, de modo a não comprometer a eficácia do avaliador.

Em cada propriedade foram realizadas avaliações em talhões de laranja em produção com idade igual ou maior que 4 anos. Os critérios para escolha dos talhões, área do talhão e árvores a serem avaliados foram definidos considerando o comportamento, características de voo e dispersão do psilídeo com o objetivo de aumentar a probabilidade de se detectar os diferentes estágios imaturos do psilídeo (ovos e ninfas) nas árvores avaliadas. Os talhões de borda da propriedade apresentam maiores populações de

psilídeos e nos talhões há um gradiente decrescente do número de psilídeos encontrados da borda para o seu interior (BOINA et al., 2009). Em todas as avaliações seguiu-se um protocolo de padronização e uniformização com o objetivo de evitar ou minimizar a influência de outros fatores que não os fatores aos quais queria-se respostas sobre as variáveis avaliadas. Os critérios e protocolo de avaliação foram os seguintes: a) identificação e reconhecimento da propriedade a ser avaliada e seus limites (Fig. 6a); b) seleção dos talhões de borda da propriedade a serem avaliados (Fig. 6b); c) delimitação da faixa útil de avaliação em cada talhão, correspondente aos primeiros 20 m da borda de cada talhão, geralmente abrangendo as três primeiras fileiras de plantas a partir da borda da propriedade (dependendo da orientação de plantio) (Fig. 6c); e d) seleção aleatória de 10 árvores a serem avaliadas dentro da faixa útil de avaliação do talhão (Fig. 6d).

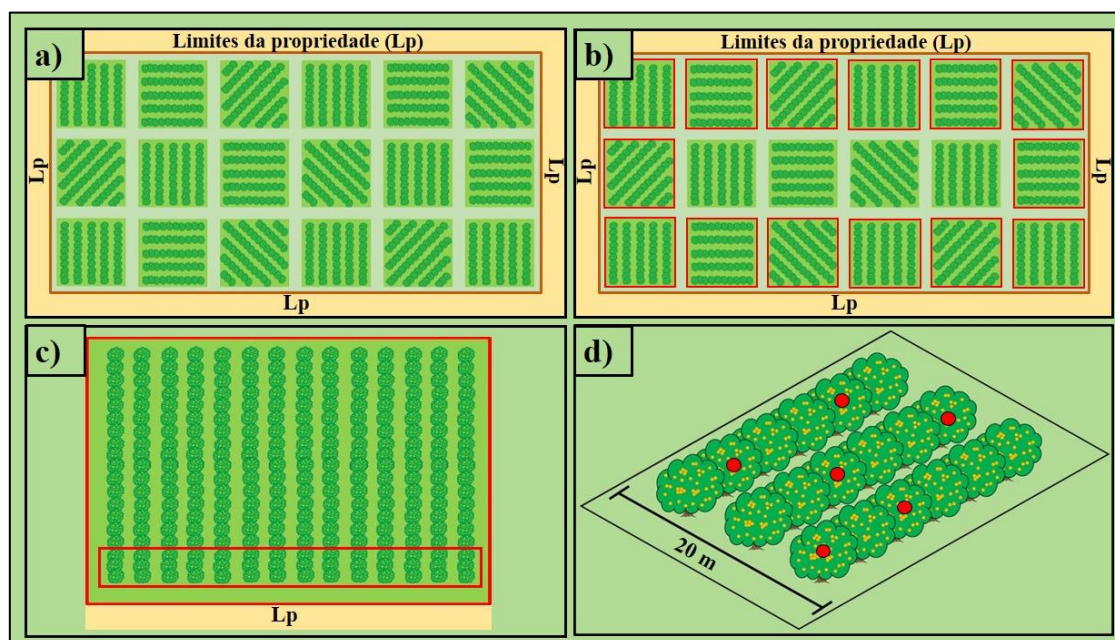


Figura 6. Representação do protocolo para a seleção dos talhões e plantas e serem avaliados: a) Identificação e reconhecimento da propriedade e seus limites; b) Seleção dos talhões de borda da propriedade a serem avaliados; c) Delimitação da faixa útil de avaliação em cada talhão (primeiros 20 m da borda); d) Escolha aleatória das árvores dentro da faixa útil de avaliação.

Em cada planta, uma faixa útil localizada entre 1,3 m e 1,7 m acima do nível do solo foi determinada para a seleção, coleta e avaliação dos brotos (Fig. 7). A altura e a faixa de avaliação na copa da árvore foram estabelecidas com o objetivo de padronizar a região de coleta e avaliação de brotos e para assegurar que a qualidade das pulverizações entre as propriedades não se tornasse mais um fator de interferência sobre as variáveis

avaliadas, independentemente da altura das árvores com 4 ou mais anos de idade. Melhores coberturas e deposição de calda pulverizada são geralmente observadas no terço médio de árvores adultas, enquanto maiores falhas de pulverização ocorrem no terço superior de árvores adultas (SICHIERI, 2018).

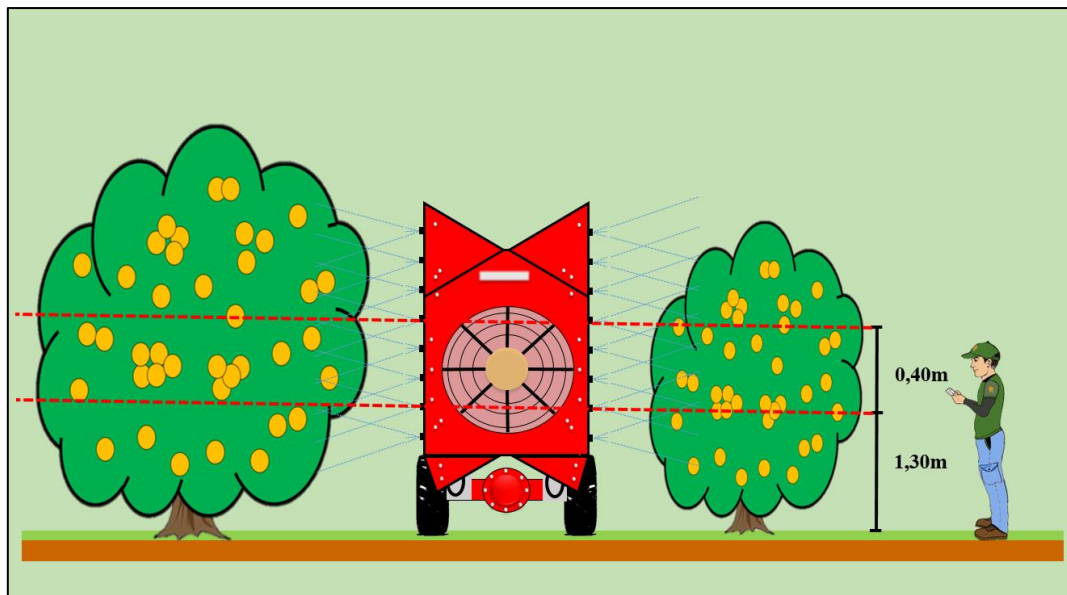


Figura 7. Esquema indicando a faixa entre 1,3 m e 1,7 m do nível do solo, utilizada para a seleção e avaliação de brotos em árvores com 4 ou mais anos de idade.

Selecionada a árvore a ser avaliada (Fig. 8a) e localizada a faixa útil de amostragem na copa da árvore (Fig. 7), procedeu-se a identificação cuidadosa das brotações presentes (Fig. 8b). Em seguida, um por vez, 3 brotos por árvore foram selecionados, destacados (Fig. 8c) e avaliados visualmente de maneira macro em toda sua superfície para identificar a presença ou ausência de ovos e ninfas de *D. citri*, assim como para contar o número de ninfas por broto (Fig. 8d). Posteriormente, para uma precisão ainda maior da identificação de ninfas pequenas e médias (1° a 3° instar) e ninfas grandes (4° e 5° instar), a avaliação foi conduzida de maneira mais detalhada e refinada (varredura) com auxílio de uma lente portátil com aumento de 10x (Fig. 8e).

No campo, todas as informações provenientes das avaliações foram registradas em fichas específicas. Estas fichas incluíam o nome da propriedade, região, identificação dos talhões avaliados, a idade das plantas e as avaliações da presença dos diferentes estágios imaturos do psilídeo (ovos, ninfas pequenas e médias e ninfas grandes), além da contagem de ninfas por broto avaliado. Adicionalmente, foram registrados dados sobre o manejo de controle do psilídeo nas propriedades, incluindo informações das últimas cinco

aplicações de inseticidas, como a data da aplicação, o inseticida utilizado, a dose e o volume de calda aplicado.



Figura 8. Protocolo para a avaliação da presença de ovos e ninfas de *Diaphorina citri* nos brotos. a) Escolha e identificação da planta a ser avaliada; b) Identificação e seleção dos brotos na planta; c) Retirada do broto da planta; d) Avaliação visual macro do broto; e) Varredura visual do broto com auxílio de lente de aumento de 10x.

Para cada combinação de intervalo de aplicação/rotação de inseticidas foram avaliados 50 talhões em diferentes propriedades de diferentes regiões. Em cada talhão foram avaliadas 10 plantas e, em cada planta, 3 brotos, totalizando 500 plantas e 1.500 brotos avaliados por combinação intervalo de aplicação/rotação de inseticidas (Tabela 1). Posteriormente, foi adicionada na análise a variável preditora população externa de psilídeos, dividindo os dados em dois níveis ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena). Por ser um fator adicionado após a escolha dos talhões, a distribuição do número de brotos avaliados por combinação intervalo de aplicação/rotação de inseticidas/população externa de psilídeos não apresentou homogeneidade, porém, os números de brotos (repetições) avaliados foram significativos. Para a análise dos dados dessa variável, foi empregada a técnica de média ponderada, assumindo pesos respectivos para os diferentes níveis de população externa de psilídeos em relação às variáveis resposta analisadas.

Ao final da coleta de dados, foram organizadas todas as informações levantadas sobre as aplicações dos inseticidas para identificar os intervalos reais entre as aplicações de cada tratamento (Tabela 2). Os intervalos de aplicação considerados para as análises dos dados, foram obtidos com base em cálculos de média ponderada dos intervalos reais

em relação aos números de talhões correspondente em cada tratamento. Como os valores foram muito próximos dos valores estipulados na montagem dos tratamentos e para não se trabalhar com números de dias fracionados, optou-se por manter os níveis de intervalos estipulados inicialmente.

Tabela 2. Intervalo médio real entre aplicações de inseticidas nos talhões avaliados, números de talhões avaliados em cada intervalo referente à respectiva combinação intervalo de aplicação/rotação de inseticidas, média ponderada do intervalo de aplicação da combinação e intervalo usado nas análises.

Intervalo de aplicação/rotação de inseticidas	Intervalo real	Nº talhões	Média ponderada	Intervalo usado
	7	43		
7 dias/Rotação adequada	8,5	3	7,3	7
	10	4		
7 dias/Rotação inadequada	7	44	7,3	7
	8,5	2		
15 dias/Rotação adequada	10	4	15,4	15
	15	34		
15 dias/Rotação inadequada	16,5	16	15,4	15
	15	42		
≥28 dias/Rotação adequada	16,5	8	28	28
	≥28	50		
≥28 dias/Rotação inadequada	≥28	50	28	28

3.5 Análise dos dados

Os dados da porcentagem média de brotos com a presença de ovos, ninfas pequenas e médias, ninfas grandes e de qualquer fase imatura nos brotos, assim como o total de ninfas para cada combinação dos fatores intervalo de aplicação, rotação de inseticidas e “população externa de psilídeos” foram plotados em gráficos.

Posteriormente, foram submetidos a uma regressão logística de probabilidade usando um Modelo Linear Generalizado (GLM) com distribuição binomial (MCCULLAGH & NELDER, 1989), indicando como variáveis preditoras o “intervalo de aplicação” (variável numérica, considerando 1 dia como unidade incremental), a “rotação de inseticidas” (variável categórica, considerando a rotação adequada como base de referência para comparação dos coeficientes estimados) e a “população externa de psilídeos” (variável categórica, assumindo a média de >1,5 psilídeos por cartão por

quinzena como nível de referência para comparação dos coeficientes estimados). A significância do efeito das variáveis preditoras na probabilidade de encontrar indivíduos de *D. citri* nos brotos foi determinada pelo teste χ^2 comparando o modelo completo (incluindo as variáveis preditoras) com o modelo nulo (que apenas considera o intercepto).

Os coeficientes do modelo foram interpretados em termos da razão de chance (*odds ratio* ou OR), a qual indica a intensidade do efeito da variável preditora sobre a variável resposta. As OR podem indicar um incremento ($OR > 1$), uma redução ($OR < 1$) ou inalteração ($OR = 1$) na probabilidade de encontrar ovos ou ninfas nos brotos (PENG; LEE & INGERSOLL, 2002). Para determinar a significância do incremento/redução foi estimado também o intervalo de confiança de 95% da OR (95% IC), sendo significativo se o 95% IC não incluiu o valor de 1 (HILBE, 2009). A influência do intervalo de aplicação (dias), da rotação de inseticidas (adequada e inadequada) e da população externa de psilídeos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena) na presença de ovos e ninfas por brotos (pequenas e médias + grandes) foi analisada ajustando em GLM com distribuição quase-Poisson e função *log link*. A qualidade do ajuste dos GLM foi avaliada por meio do *half-normal plot* com simulação de envelopes usando o pacote “*hnp*” (DEMÉTRIO, HINDE & MORAL, 2014). Os desvios contidos nos modelos usados foram determinados com base na análise do pseudo R^2 de McFadden ao calcular a razão entre a log-verossimilhança do modelo nulo, sem os preditoras das variáveis preditoras, com a log-verossimilhança dos modelos que foram propostos.

4. RESULTADOS

4.1 Ocorrência de ovos de *Diaphorina citri* em brotos de laranjeira

A frequência de brotos com ovos variou de 0% (talhões com intervalos de aplicação de 7 dias, rotação adequada de inseticidas (RA) e população externa $\leq 1,5$ psíldeos por cartão por quinzena) a 19,7% (talhões com intervalos de aplicação ≥ 28 dias, rotação inadequada de inseticidas (RI) e população externa $> 1,5$ psíldeos por cartão por quinzena) (Fig. 9b).

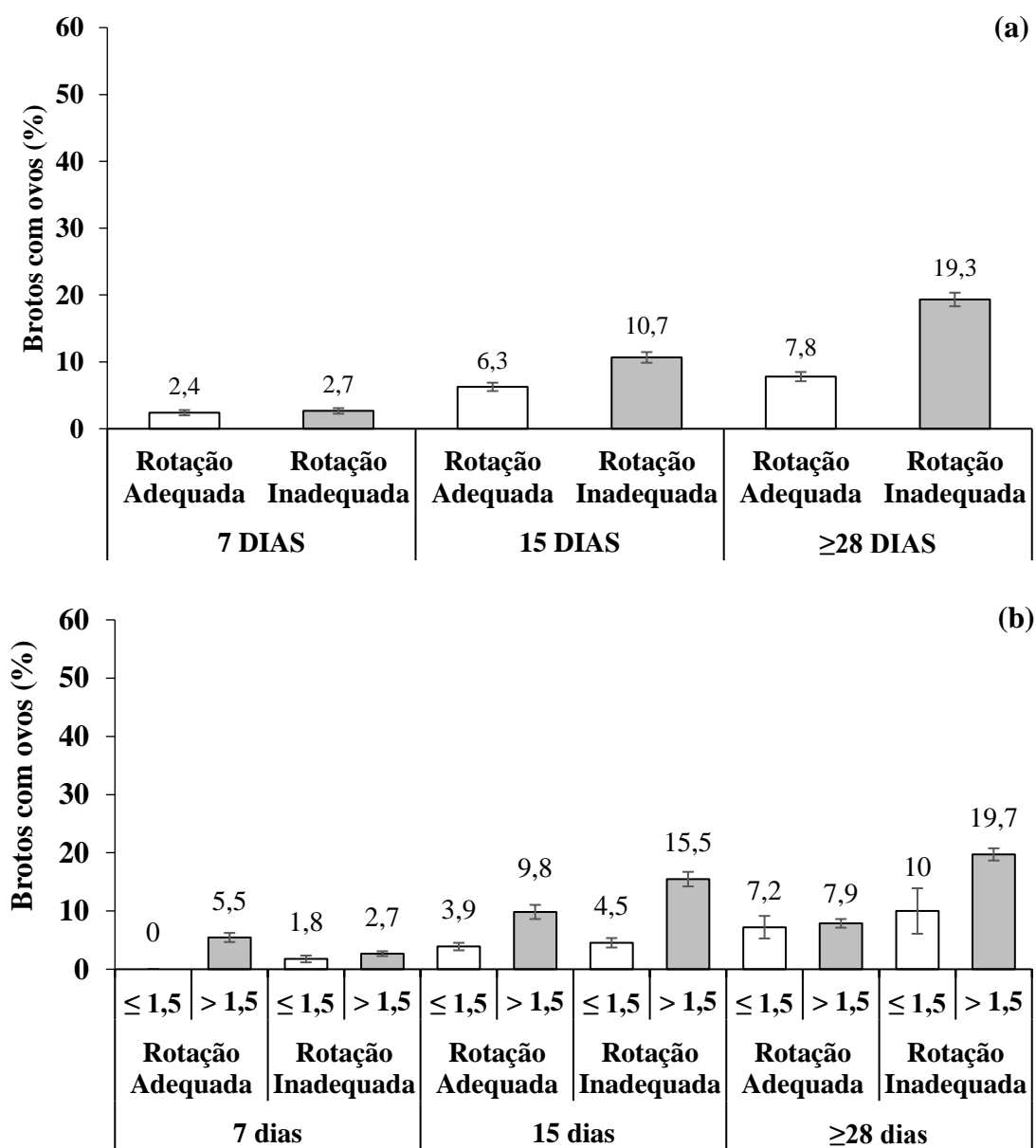


Figura 9. Percentual médio e \pm o erro padrão de brotos com presença de ovos de *Diaphorina citri* em relação ao intervalo de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); rotação de inseticida (adequada e inadequada) (a), e da população externa de psíldeos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ psíldeo por cartão por quinzena) em relação aos demais fatores (b).

Todos os preditores avaliados exerceram associação positiva na frequência de brotos de laranjeiras com a presença de ovos de *D. citri* (Fig. 9). Foi observado que, quanto maior o intervalo de aplicação, maiores foram as porcentagens de brotos com ocorrência ovos de *D. citri*. Independentemente do intervalo de aplicação e da população externa de psilídeos, a prática de RA reduziu a presença de brotos com ovos em relação à RI. Observou-se que a influência da rotação de inseticidas foi menor à medida que os intervalos entre as aplicações foram maiores, com incrementos de 12,5%, 70% e 147% ao transitar de uma RA para RI nos intervalos de 7, 15 e ≥ 28 dias, respectivamente (Fig. 9a). Nos talhões com RA, o aumento do intervalo de aplicação 7 para 15 dias e de 15 para ≥ 28 dias aumentou, respectivamente, em 163% e 24% a porcentagem de brotos com ovos. Nos talhões com RI, o aumento do intervalo de aplicação de 7 para 15 dias e de 15 para ≥ 28 dias aumentou respectivamente, em 296% e 80%, respectivamente, a porcentagem de brotos com ovos (Fig. 9a). Em todas as combinações intervalo de aplicação/rotação de inseticidas, a maior frequência brotos com ovos foi observada nos talhões com maior população externa de psilídeos (Fig. 9b).

4.2 Ocorrência de ninfas pequenas e médias (de 1° a 3° ínstar) de *Diaphorina citri* em brotos de laranjeira

A frequência de brotos com ninfas pequenas e médias de 1° a 3° ínstar variou de 0,4% (talhões com intervalos de aplicação de 7 dias, rotação adequada de inseticidas (RA) e população externa $\leq 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena) a 46,7% (talhões com intervalos de aplicação ≥ 28 dias, rotação inadequada de inseticidas (RI) e população externa $\leq 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena) (Fig. 10).

A porcentagem de brotos com ninfas pequenas e médias foram influenciadas por todos os preditores analisados (Fig. 10). De modo geral, a porcentagem de brotos com ninfas pequenas e médias foi aumentada conforme se sucedeu os aumentos nos intervalos entre uma aplicação e outra (Fig. 10a). Dentro das combinações intervalo de aplicação/população externa de psilídeos, a porcentagem de brotos com ninfas pequenas e médias foi maior nos talhões com RI do que nos talhões com RA, com exceção da combinação de intervalo de 28 dias e rotação inadequada que as observações de ninfas pequenas e médias foram maiores no menor nível da população externa (Fig. 10b). Para a maioria das combinações de intervalo e rotação, quanto maior a população externa de psilídeos maiores foram as frequências de brotos com a presença de ninfas pequenas e médias, a exceção dos intervalos de 15 dias em rotação adequada, cuja diferença numérica

foi mínima e, intervalos ≥ 28 dias em rotação adequada e inadequada a diferença da média da porcentagem de brotos com ninfas P&M foi muito pequena entre os níveis de população externa de psilídeos (Fig. 10b).

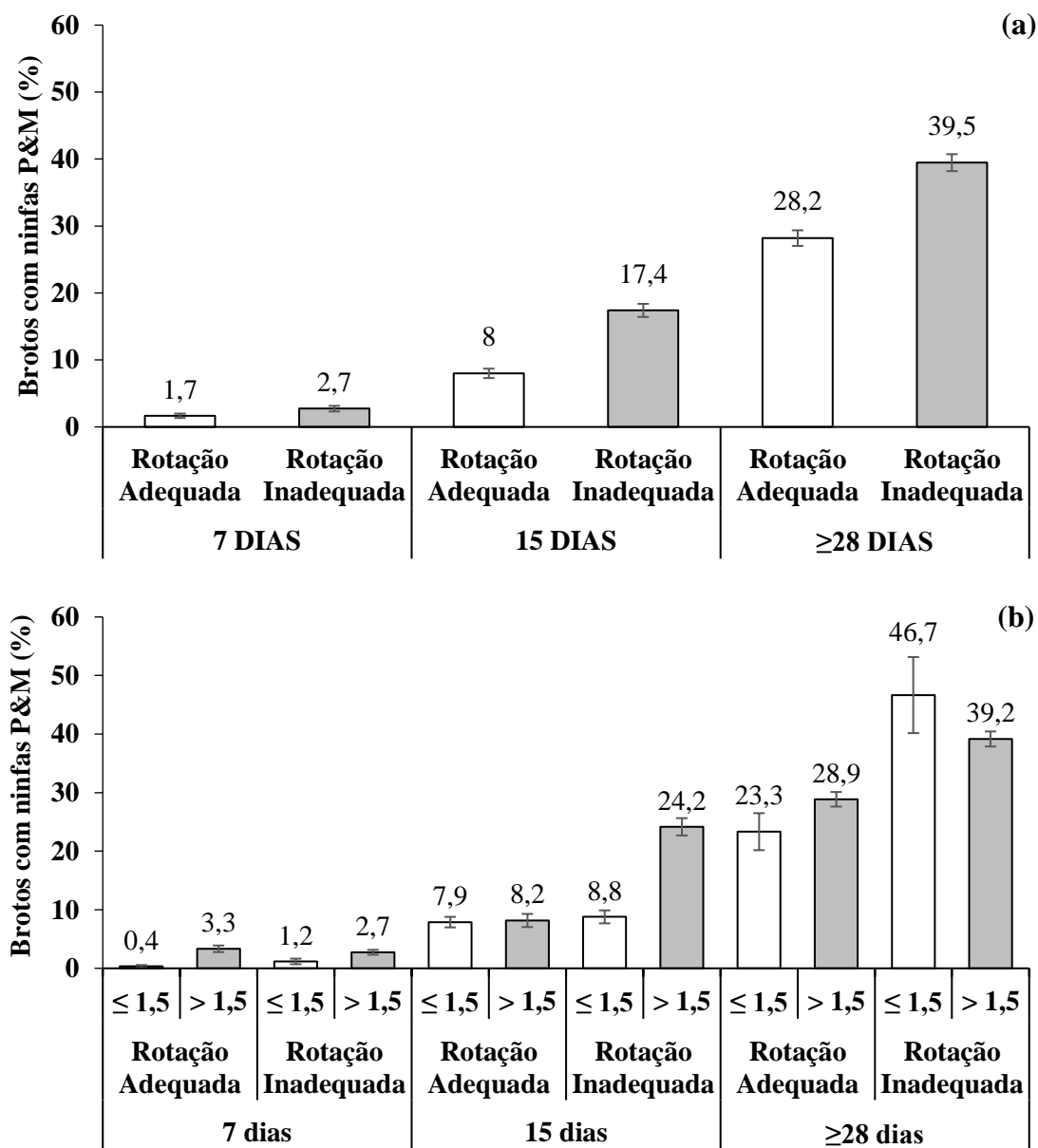


Figura 10. Percentual médio e \pm o erro padrão de brotos com presença de ninfas pequenas e médias - P&M (de 1° a 3° ínstar) de *Diaphorina citri* em relação aos intervalos de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); rotação de inseticida (adequada ou inadequada) (a), e nível da população de psilídeos externos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ adultos/armadilhas) em relação aos demais fatores (b).

4.3 Ocorrência de ninfas grandes (de 4° e 5° instares) de *Diaphorina citri* em brotos de laranjeira

A porcentagem de brotos com ninfas grandes de *D. citri* variou de 0% (talhões com intervalos de aplicação de 7 dias) a 45% (talhões com intervalos de aplicação ≥ 28 dias, rotação inadequada de inseticidas (RI) e população externa $\leq 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena) (Fig. 11).

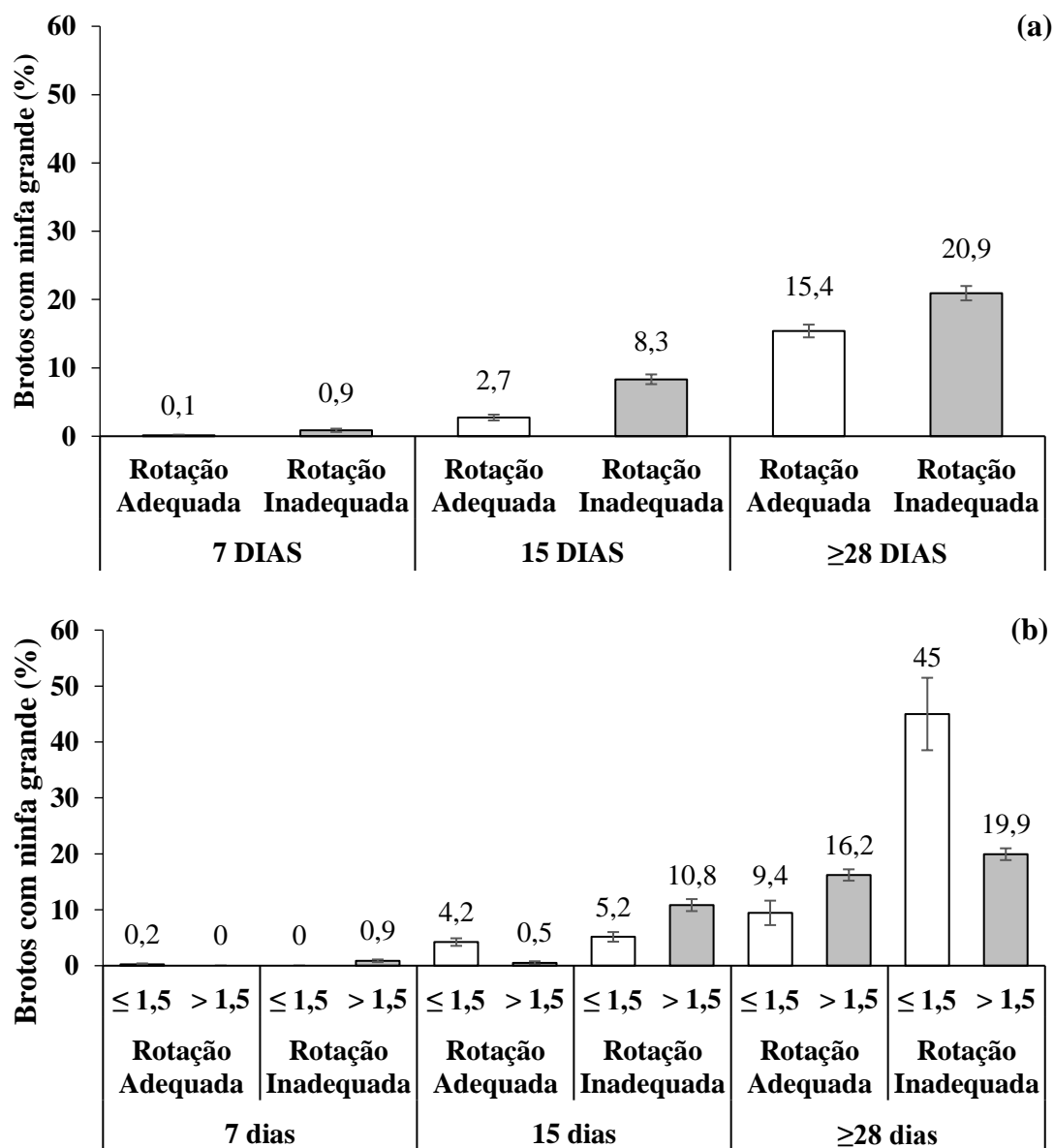


Figura 11. Percentual médio e \pm o erro padrão de brotos com presença de ninfas grandes (de 4° e 5° instar) de *Diaphorina citri* em relação aos intervalos de aplicação (7, 15 e ≥ 28 dias); rotação de inseticida (adequada ou inadequada) (a), e nível da poluição de psilídeos externos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ adultos/armadilhas) em relação aos demais fatores (b).

A ocorrência de brotos com ninfas grandes de *D. citri* apresentou associação significativa com os preditores intervalos de aplicação e rotação de inseticidas (Fig. 11). Independentemente da rotação de inseticidas e da população externa de psilídeos, quanto menor o intervalo de aplicação menor a porcentagem de brotos com ninfas grandes. Quanto à rotação de inseticidas, independentemente do intervalo de aplicação e da população externa de psilídeos, porcentagens menores de brotos com ninfas grandes foram observadas nos talhões com RA do que nos talhões com RI. Assim como observado para a ocorrência de ovos, a influência da rotação de inseticidas foi menor à medida que os intervalos entre as aplicações aumentaram, com incrementos de 8, 2,1, e 0,4 vezes ao mudar da RA para RI nos intervalos de 7, 15 e ≥ 28 dias, respectivamente (Fig. 11a). Nos talhões com RA, o aumento do intervalo de aplicação 7 para 15 dias e de 15 para ≥ 28 dias aumentou, respectivamente, em 27 e 5,7 vezes a porcentagem de brotos com ninfas grandes. Nos talhões com RI, o aumento do intervalo de aplicação de 7 para 15 dias e de 15 para ≥ 28 dias aumentou respectivamente, em 9,2 e 2,5 vezes, respectivamente, a porcentagem de brotos com ninfas grandes (Fig. 11a). Com relação ao preditor população externa de psilídeos, não se observou associação com as médias das porcentagens de brotos com ninfas grandes. Com base nas observações das médias, não é possível relatar um tipo de associação para o preditor “população externa de psilídeo”, visto que, em algumas combinações as observações de brotos com ninfas grandes são maiores com o aumento do nível da população externa de psilídeo (7 dias/RI; 15 dias/RI e 28 dias/RA), e em outras (7 dias/RA; 15 dias/RA e 28 dias/RI) ocorreu o inverso.

4.4 Ocorrência de qualquer fase imatura de *Diaphorina citri* (ovos e ninfas de 1° a 5° ínstar) em brotos de laranjeira

A frequência de brotos com qualquer fase imatura de *D. citri* variou de 0,4% (talhões com intervalos de aplicação de 7 dias, rotação adequada de inseticidas (RA) e população externa $\leq 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena) a 51,7% (talhões com intervalos de aplicação ≥ 28 dias, rotação inadequada de inseticidas (RI) e população externa $\leq 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena) (Fig. 12).

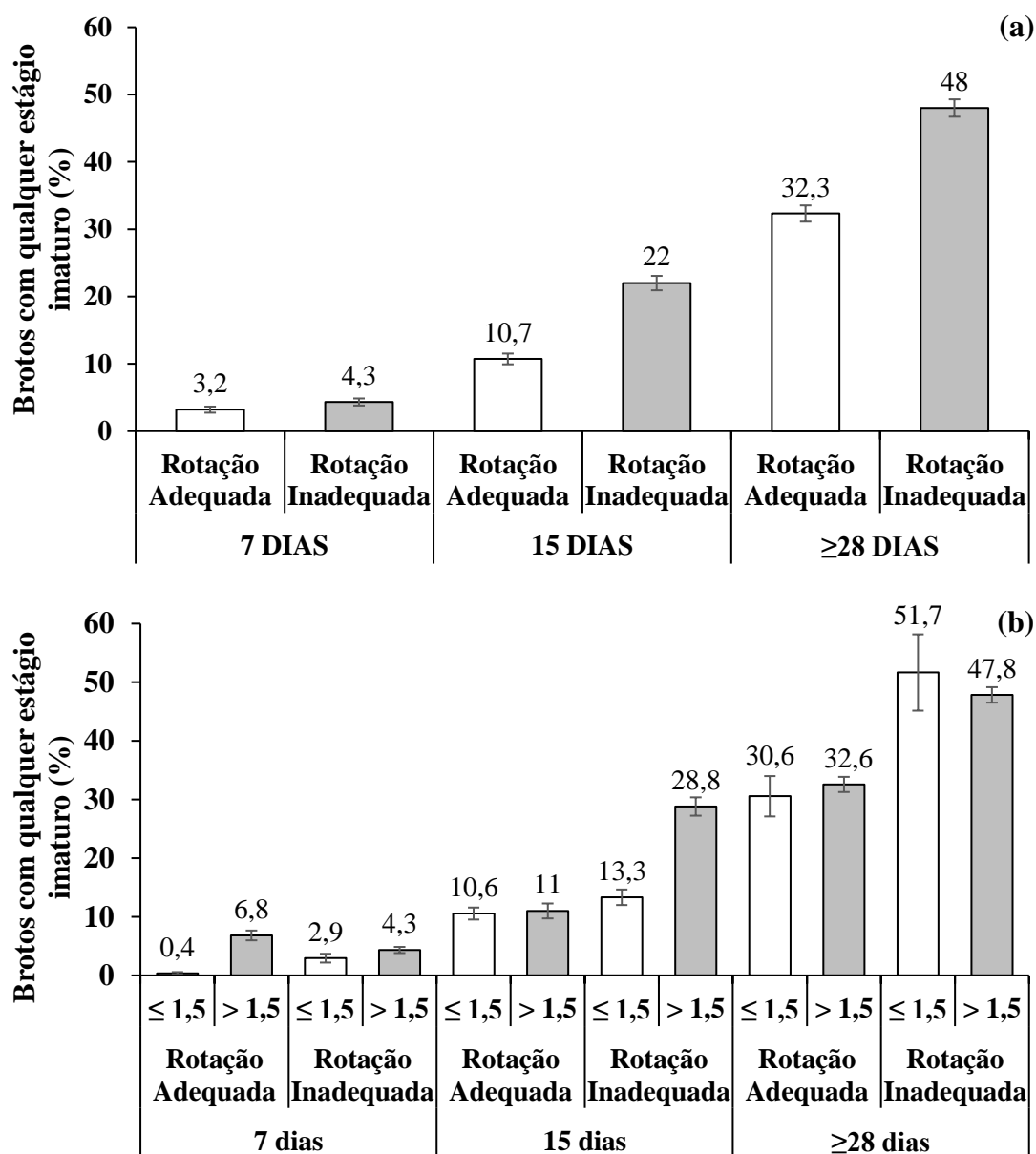


Figura 12. Percentual médio e \pm o erro padrão de brotos com presença de qualquer estágio imaturo (ovos e ninfas de 1° a 5° instar) de *Diaphorina citri* em relação aos intervalos de aplicação (7, 15 e \geq 28 dias); rotação de inseticida (adequada ou inadequada) (a), e nível da poluição de psílides externos (\leq 1,5 e $>$ 1,5 adultos/armadilhas) em relação aos demais fatores (b).

Da mesma forma, as observações para as variáveis ocorrência de ovos e ocorrência de qualquer ninfa, todos os preditores avaliados impactaram na porcentagem de brotos com qualquer fase imatura de *D. citri* (Fig. 12). Independentemente dos demais preditores, a porcentagem de brotos com qualquer fase imatura foi maior à medida que o intervalo de aplicação foi aumentado. Menor porcentagem de brotos com qualquer fase imatura foi observado, independentemente dos dois outros preditores, quando passou de

uma RI para RA. Observou-se que a influência da rotação de inseticidas foi menor à medida que os intervalos entre as aplicações eram maiores, com incrementos de 34,4%, 106%, e 49% ao ir de uma RA para RI nos intervalos de 7, 15 e ≥ 28 dias, respectivamente (Fig. 12a). Nos talhões com RA, o aumento do intervalo de aplicação 7 para 15 dias e de 15 para ≥ 28 dias aumentou, respectivamente, em 234,4% e 202% a porcentagem de brotos com qualquer fase imatura. Nos talhões com RI, o aumento do intervalo de aplicação de 7 para 15 dias e de 15 para ≥ 28 dias aumentou respectivamente, em 412% e 118%, respectivamente, a porcentagem de brotos com qualquer fase imatura (Fig. 12a).

Geralmente, nos talhões com maior população externa de psilídeos foram observadas maior porcentagem de brotos com qualquer fase imatura do psilídeo, exceto nos talhões nas combinações intervalo de aplicação/rotação de inseticidas ≥ 28 dias/RA, ≥ 28 dias/RI e 15dias/RA, nos quais não se viu diferença (Fig. 12b).

4.5 Número de ninfas de 1° até 5° ínstar de *Diaphorina citri* por broto de laranjeira

Assim como a ocorrência de tanto de ovos como dos diferentes estádios ninfais, a abundância de ninfas de 1° ao 5° ínstar, representada pela variável quantitativa número de ninfas por broto, foi influenciada pelo intervalo de aplicação ($F = 428,9$, $p < 0,001$), rotação de inseticida ($F = 83,5$, $p < 0,001$) e população externa de psilídeos ($F = 76,1$, $p < 0,001$) (Fig. 13). Observou-se que nos talhões com intervalos de aplicação menores, a contagem média de ninfas por broto foi menor, independente dos demais preditores. Também foi observado em todas as combinações intervalo de aplicação/população externa de psilídeos que a RI proporciona maior número médio de ninfas por broto que a RA. Também se notou que o efeito da rotação foi maior à medida que o intervalo de aplicação foi menor, com incrementos de 67%, 167% e 200%, respectivamente nos intervalos e ≥ 28 , 15 e 7 dias passando da RA para a RI (Fig. 13a). Nos talhões com RA, o aumento de intervalo de aplicação de 7 para 15 dias e de 15 para e ≥ 28 dias resultou no aumento do número de ninfas por broto de 200 e 300%, respectivamente. Nos talhões com RI, o aumento de intervalo de aplicação de 7 para 15 dias e de 15 para e ≥ 28 dias resultou no aumento do número de ninfas por broto de 167 e 150%, respectivamente (Fig. 13a). Em todas as combinações intervalo de aplicação/rotação de inseticidas, o número médio de ninfas por broto foi maior no maior nos talhões sujeitos à maior população externa de psilídeos (Fig. 13b).

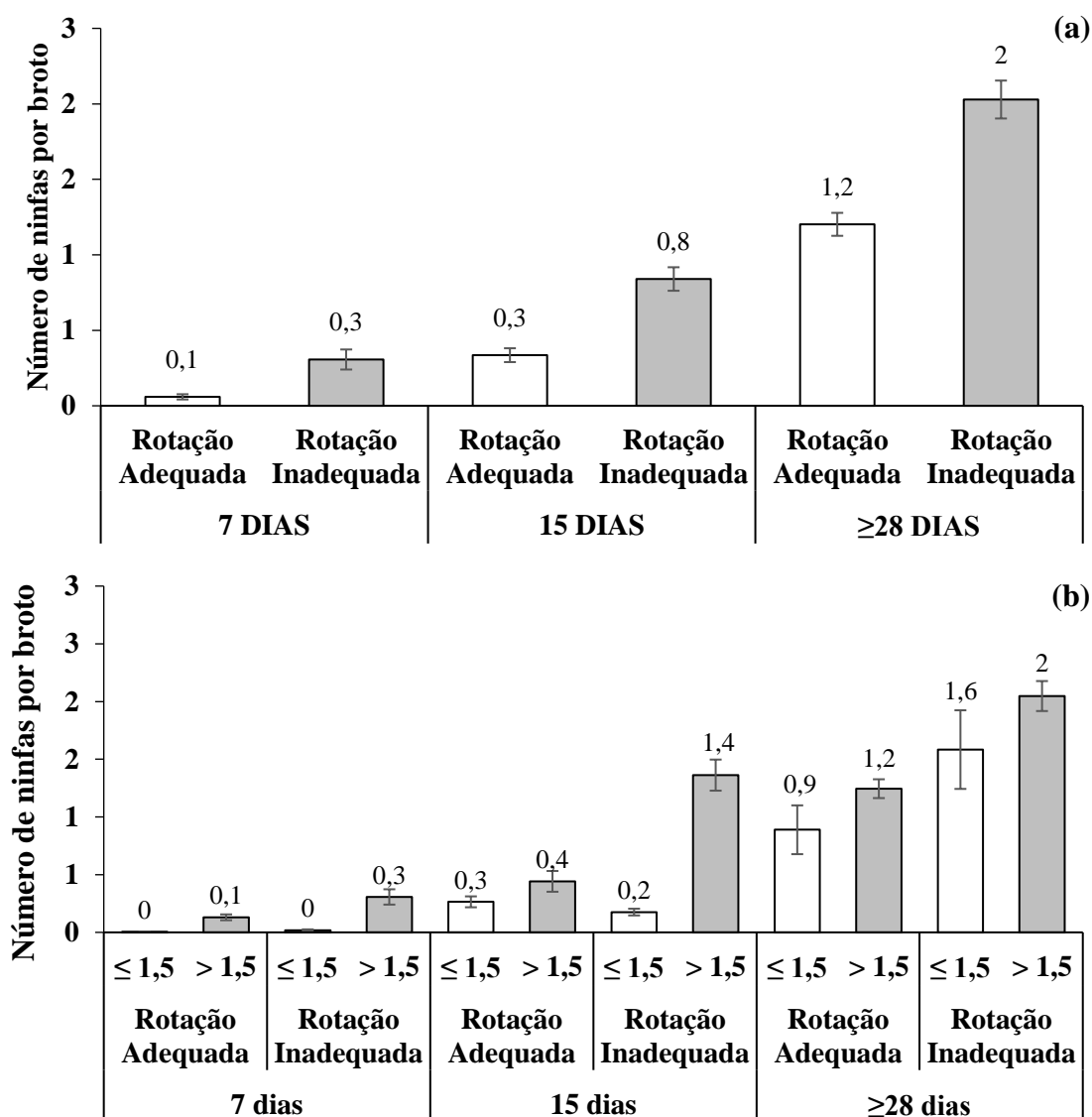


Figura 13. Contagem média e \pm o erro padrão de ninfas (de 1^o a 5^o instar) de *Diaphorina citri* em relação aos intervalos de aplicação (7, 15 e \geq 28 dias); rotação de inseticida (adequada ou inadequada) (a), e nível da poluição de psilídeos externos (\leq 1,5 e $>$ 1,5 adultos/armadilhas) em relação aos demais fatores (b).

4.6 Significância das associações dos preditores com as variáveis avaliadas

Os resultados da análise de regressão logística indicaram que o intervalo entre as aplicações de inseticidas, a prática de rotacionar inseticidas com diferentes modos de ação e a população externa de psilídeos influenciaram significativamente a probabilidade de encontrar os diferentes estágios imaturos de *D. citri* em brotos de laranjeiras (Tabela 3). Para todas as variáveis avaliadas, o aumento no intervalo de aplicação e a prática de rotação inadequada incrementaram a chance da ocorrência de ovos e ninfas de *D. citri*

nos brotos, enquanto a menor população externa de psilídeos reduziu a chance de encontrar as diferentes fases imaturas do psilídeo dentro da propriedade (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes da regressão logística, para descrever a probabilidade de detecção de diferentes estágios imaturos de *Diaphorina citri* em função do intervalo de aplicação, da rotação de inseticidas (adequada ou inadequada) e do nível da população externa de psilídeos ($\leq 1,5$ e $> 1,5$ psilídeos por cartão adesivo amarelo por quinzena).

Estádio	Coeficiente (\pm EP) ^a	Odds ratio (95% IC) ^b	Estatísticas gerais do modelo		
			Z value ^c	Pr ($> z $)	Pseudo R ²
Ovos					
Intercepto	-3,0 \pm 0,13	–	-27,37	< 0,001	
Intervalo ^{*1dia}	0,05 \pm 0,005	1,05 (1,04 a 1,06)	11,05	< 0,001	
Rotação ^{*adequada}	0,67 \pm 0,08	1,95 (1,66 a 2,30)	8,06	< 0,001	0,077
População ext. ^{*>1,5}	-0,92 \pm 0,12	0,39 (0,31 a 0,50)	-7,68	< 0,001	
Ninfas pequenas e médias (1° a 3° ínstar)					
Intercepto	-4,07 \pm 0,12	–	-34,41	< 0,001	
Intervalo ^{*1dia}	0,11 \pm 0,00	1,12 (1,11 a 1,13)	26,50	< 0,001	
Rotação ^{*adequada}	0,57 \pm 0,06	1,78 (1,57 a 2,01)	9,04	< 0,001	0,1632
População ext. ^{*>1,5}	-0,46 \pm 0,08	0,62 (0,52 a 0,74)	-5,35	< 0,001	
Ninfas grandes (4° e 5° ínstar)					
Intercepto	-5,49 \pm 0,18	–	-29,54	< 0,001	
Intervalo ^{*1dia}	0,13 \pm 0,01	1,14 (1,13 a 1,16)	20,11	< 0,001	
Rotação ^{*adequada}	0,59 \pm 0,08	1,80 (1,53 a 2,13)	7,04	< 0,001	0,1468
População ext. ^{*>1,5}	0,00 \pm 0,12	1,00 (0,79 a 1,26)	-5,35	0,98 ^{n/s}	
Qualquer fase (ovos e ninfas)					
Intercepto	-3,75 \pm 0,10	–	-35,59	< 0,001	
Intervalo ^{*1dia}	0,11 \pm 0,00	1,12 (1,11 a 1,13)	28,72	< 0,001	
Rotação ^{*adequada}	0,65 \pm 0,06	1,92 (1,71 a 2,15)	10,98	< 0,001	0,1637
População ext. ^{*>1,5}	-0,40 \pm 0,07	0,66 (0,57 a 0,77)	-5,29	< 0,001	

^a Coeficiente estimado e respectivo erro padrão (EP) = Logaritmo da razão de probabilidade (*log-odds*). Valores em negrito são significativos [Pr ($>|z|$) < 0,05]. n/s = não significativo.

^b Odds ratio (OR) = Razão de probabilidade. Significativo se 1 \notin 95% IC (Intervalo de confiança (2,5+/-).

^c Z value – Significância estatística do coeficiente estimado.

* Variável comparativa (*)

A porcentagem de brotos com ovos de *D. citri* teve associação positiva e significativa frente ao preditor intervalo de aplicação (Tabela 3). A razão de chances (*odds ratio* ou OR) para esse preditor sobre a variável ovo igual a 1,05 e IC 95% [1,04-

1,06] indica que o incremento de um dia no intervalo de aplicação aumenta em 5% a chance de encontrar brotos com ovos. Conforme a regressão logística obtida (Fig. 15a), o aumento gradativo de dias no intervalo de aplicação aumenta gradativamente as chances de encontrar brotos com ovos, chegando a 208% de chance com aumento de 15 dias no intervalo de aplicação (OR = 2,08, IC 95% [1,77 a 2,45]). A influência da rotação de inseticidas foi significativa, com associação positiva (OR = 1,95, IC 95% [1,66–2,30]), indicando que com a mudança de RA para RI aumenta em 95% a chance de encontrar brotos com ovos no talhão. A população externa de psilídeos também teve associação positiva e significativa sobre a presença de brotos com ovos (OR = 0,39, IC 95% [0,31 e 0,50]), o que significa que, com a diminuição da população externa de psilídeos de >1,5 para $\leq 1,5$ psilídeo por cartão por quinzena, a chance relativa de encontrar brotos com a presença de ovos diminuiu em 61%.

Com relação à presença de brotos com ninfas pequenas e médias (do 1° ao 3° instar) e com qualquer fase imatura (ovos ou ninfas do 1° ao 5° instar) de *D. citri*, todas as relações entre os preditores foram significativas (Tabela 3). Observou-se que o acréscimo de um dia no intervalo de aplicação está associado a um aumento de 12% na chance de encontrar tanto brotos de laranjeira com a presença de ninfas pequenas e médias, como também brotos com a presença de qualquer fase imatura (OR = 1,12, IC 95% [1,11–1,13]). Conforme a regressão logística obtida, o aumento gradativo de dias no intervalo de aplicação aumenta gradativamente as chances de encontrar brotos com ninfas pequenas e médias e qualquer fase imatura, chegando, respectivamente, a 525 e 467% de chance com aumento de 15 dias no intervalo de aplicação (Fig. 15c e 15d). A rotação de inseticidas apresentou uma associação bem mais relevante. A transição da RA para RI resultou em um aumento significativo de 78% na chance de encontrar brotos com ninfas pequenas e médias (OR = 1,78, IC 95% [1,57–2,01]) e de 92% na chance de encontrar brotos com qualquer fase imatura (OR=1,92, IC 95% [1,71-2,15]). Em relação à população externa de psilídeos, a diminuição da população externa de psilídeo de >1,5 para $\leq 1,5$ psilídeo por cartão por quinzena reduziu em 62 e 66% a chance de encontrar brotos com a presença de ninfas pequenas e médias (OR=0,62, IC 95% [0,53–0,74]) e de qualquer fase imatura (OR= 0,66 IC 95% [0,57–0,77]), respectivamente.

A respeito da presença de brotos com apenas ninfas grandes (de 4° e 5° instar), somente as associações com o intervalo de aplicação e com a rotação de inseticidas foram significativas (Tabela 3). O aumento de um dia no intervalo de aplicação aumentou em 14% a chance de encontrar brotos com ninfas grandes, independente da rotação de

inseticidas ou da população externa de psilídeos (OR= 1,14, IC 95% [1,13–1,16]). Conforme a regressão logística obtida, o aumento gradativo de dias no intervalo de aplicação aumenta gradativamente as chances de encontrar brotos com ovos, chegando a 702% de chance com aumento de 15 dias no intervalo de aplicação (Fig. 15b). Por sua vez a RI aumenta em 80% a chance de detecção de brotos com ninfas grandes em relação aos talhões com RA (OR= 1,80 IC 95% [1,53–2,13]).

Os resultados da análise de variância, conduzida no contexto do modelo de regressão logística para cada variável resposta, reforçaram as associações significativas com os preditores. O teste de razão de verossimilhança (LRT) foi utilizado para otimizar o ajuste do modelo, enquanto o teste qui-quadrado de Pearson (χ^2) foi aplicado para avaliar a significância estatística dessas associações. A constatação principal é que os preditores exerceram influência significativa sobre as variáveis resposta, com exceção da presença de brotos com ninfas grandes, que não apresentou relação significativa com a população externa de psilídeo às propriedades avaliadas (Tabela 4). Essa abordagem destacou a elevada significância dos coeficientes individuais ao comparar o modelo completo (com todas as variáveis) com o modelo nulo (sem as variáveis explicativas). Em termos simples, os resultados indicam que o intervalo de aplicação, a rotação de inseticidas e a população externa de psilídeos exercem influências estatisticamente significativas na previsão da presença de brotos de laranjeiras com as diferentes fases imaturas de *D. citri*.

Os resultados da análise de regressão, utilizando uma distribuição quase Poisson ajustada para a variável resposta número de ninfas por broto, revelaram a significância dos preditores intervalo de aplicação, rotação de inseticidas e população externa de psilídeo. Em outras palavras, esses fatores exercem uma influência substancial na quantidade de ninfas de qualquer instar encontradas em brotos de laranjeira. A contagem média de ninfas por broto apresentou aumentos significativos ($p < 0,05$) de 7% para cada acréscimo de um dia no intervalo de aplicação, de 59% com a mudança de RA para RI, e uma redução de 65,74% com a diminuição da população externa de psilídeo de $>1,5$ para $\leq 1,5$ psilídeos por cartão por quinzena.

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) ajustada pelo modelo linear generalizado (GLM), em distribuição binomial logística, usando o teste de razão de verossimilhança Likelihood Ratio Test (LRT) e o teste Chi-quadrado de Pearson (χ^2) para as variáveis respostas binomiais de presença e ausência de diferentes estágios imaturos de *Diaphorina citri*.

Estatístico	Intervalo de aplicação	Rotação de inseticidas	População externa de psilídeos
Ovos			
$\chi^2_{Df=1}$	4866,7	4775,5	4707,7
Pr (> χ^2)	<0,001	<0,001	<0,001
Ninfas pequenas e médias (1° a 5° ínstar)			
$\chi^2_{Df=1}$	6813,2	6712,4	6682,5
Pr (> χ^2)	<0,001	<0,001	<0,001
Ninfas grandes (4° e 5° ínstar)			
$\chi^2_{Df=1}$	4357,7	4305,7	4305,7
Pr (> χ^2)	<0,001	<0,001	0,98 ^{n/s}
Qualquer fase (ovos e ninfas)			
$\chi^2_{Df=1}$	7726,5	7581,6	7552,8
Pr (> χ^2)	<0,001	<0,001	<0,001

χ^2 - Valores em negrito são significativos ($p < 0.05$)

Df- Grau de liberdade.

Pr (> χ^2) - p valor do teste chi-quadrado.

As curvas de regressão logística da probabilidade de encontrar os diferentes estádios imaturos de *D. citri* em brotos em função do intervalo de aplicação e da rotação de inseticidas foram ascendentes tanto para RA como RI, o que indica uma associação positiva para o aumento do intervalo de aplicação e a probabilidade de encontrar brotos com a fases imaturas do psilídeo (Fig. 15). Para todas as variáveis, as curvas de probabilidade de detecção nos talhões com RI apresentam valores maiores e maior inclinação que as curvas nos talhões com RA, sem intercessão das duas curvas. Isto confirma que há associação positiva do intervalo de aplicação, independentemente da rotação inseticidas, assim como a rotação de inseticidas também exerce influência sobre a presença das fases imaturas do psilídeo, independentemente do intervalo de aplicação.

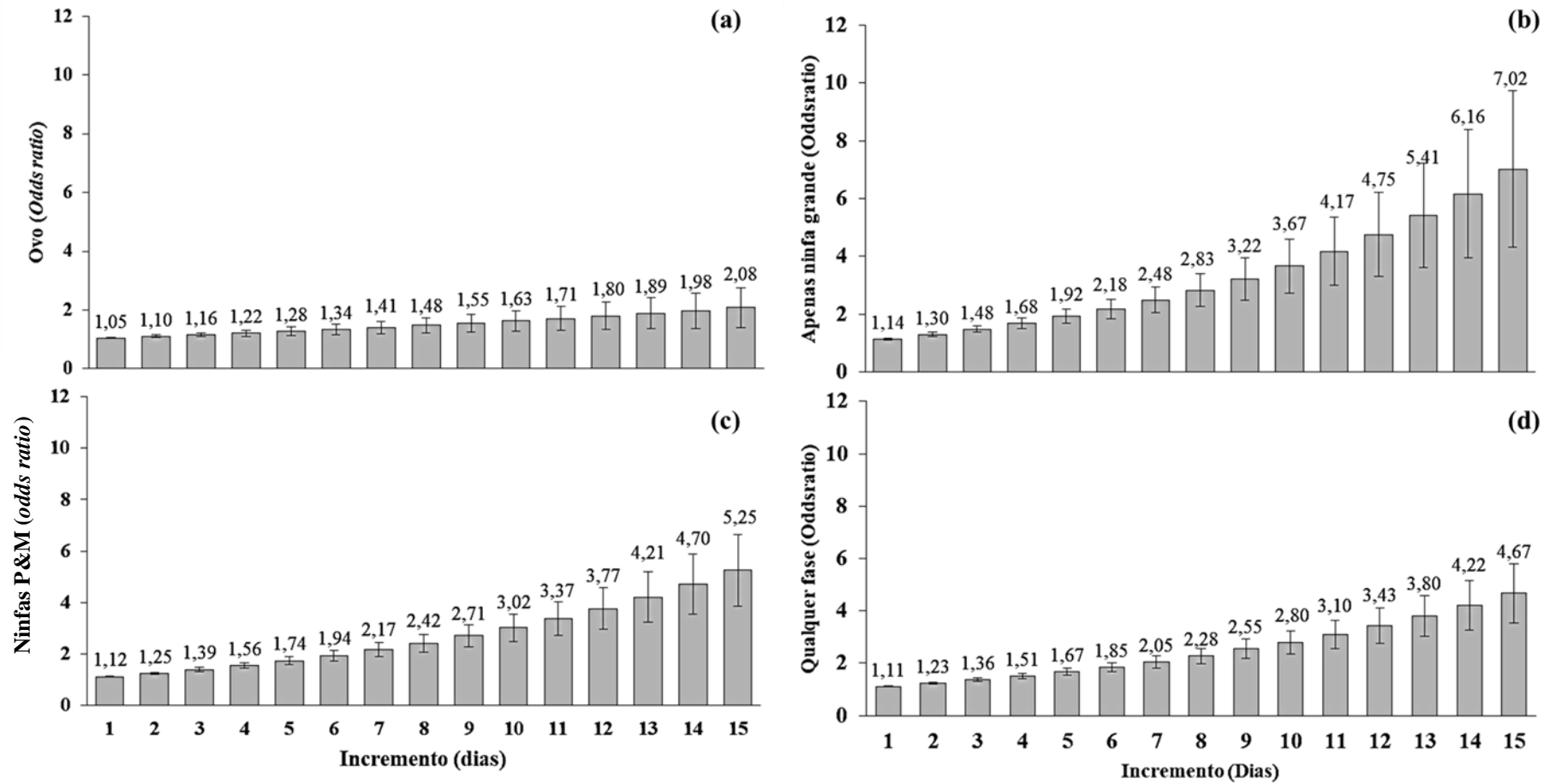


Figura 14. Razão de chance (*odds ratio*) para ocorrência de brotos com ovo (a), apenas ninfa grande(b), ninfas pequenas e médias – P&M (c) e qualquer fase (d) de *Diaphorina citri* com incremento de 1 a 15 dias no intervalo de aplicação de inseticidas. Barra representa os limites inferior “ci_low 2,5” e superior “ci_high 97,5” com 95% de intervalo de confiança.

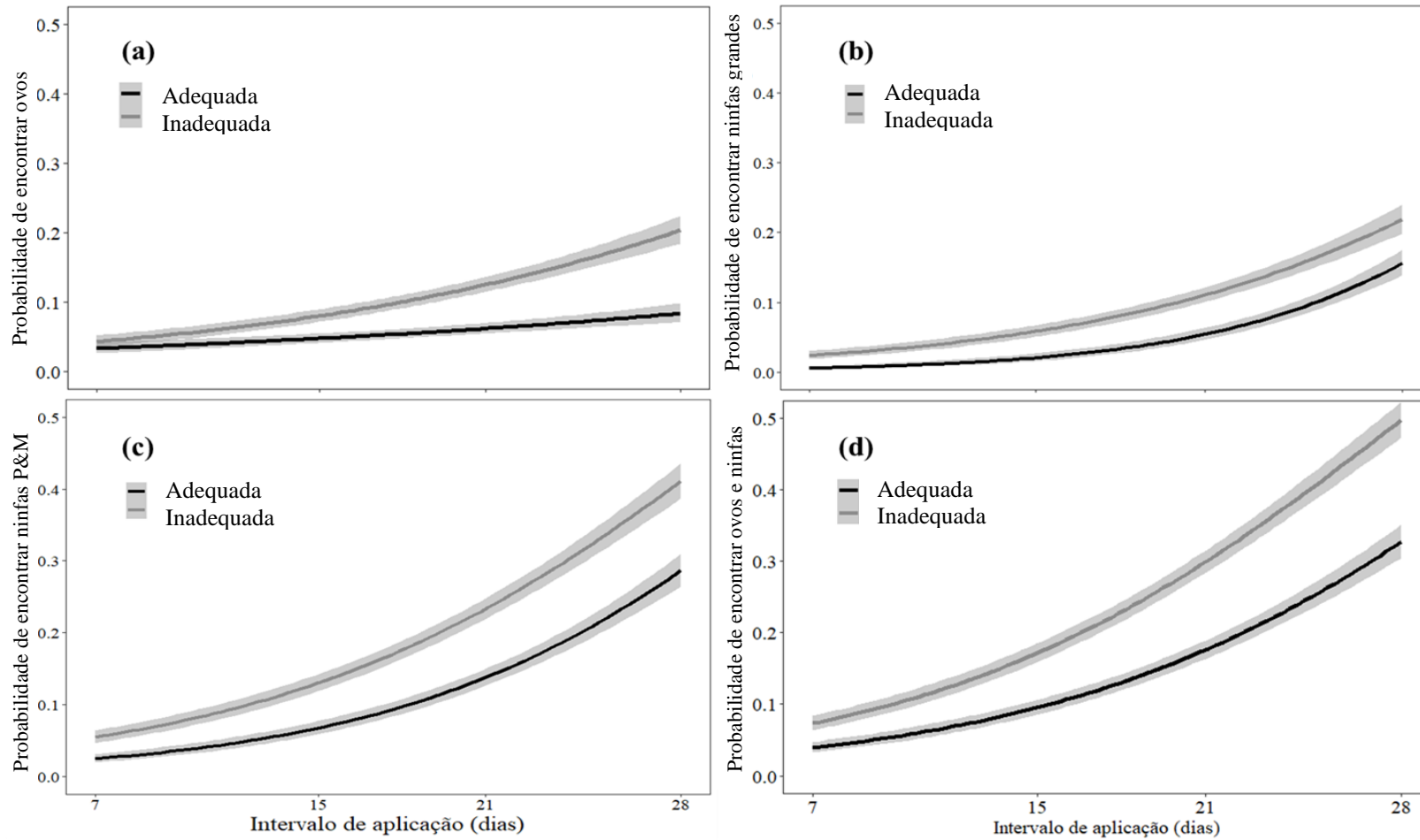


Figura 15. Regressão logística da probabilidade de encontrar ovo (a), apenas ninfa grande (b), ninfas pequenas e médias –P&M (c) e qualquer fase (d) de *Diaphorina citri* nos brotos de laranjeiras em relação ao intervalo de aplicação de inseticidas e à rotação adequada (linha preta) ou inadequada (linha cinza) de inseticidas com diferentes modos de ação (bordas das curvas referente ao intervalo de confiança IC 95%).

5. DISCUSSÃO

O controle eficiente do psilídeo asiático dos citros é essencial para reduzir o avanço do HLB (PARRA et al., 2010). O presente trabalho traz informações relevantes para a avaliação da qualidade do controle de *D. citri* e fornece subsídios quantitativos para reforçar a necessidade de intervalos curtos de aplicação de inseticidas, da rotação adequada de inseticidas e na redução da população externa do psilídeo para o controle da doença.

O primeiro passo do trabalho foi determinar a metodologia para monitorar as fases imaturas do psilídeo em um ambiente não totalmente controlado. A escolha da faixa de avaliação focou nos primeiros 20 metros de borda dos talhões, onde a concentração de psilídeo é maior (MONTESINO, 2018). Essa área é identificada como ponto de entrada dos psilídeos provenientes de pomares externos. A seleção de brotos como unidades amostrais foi motivada pelo comportamento alimentar e de postura dos insetos, conforme indicado por Garzo et al. (2012). O psilídeo busca por brotos novos de citros, nos estágios de desenvolvimento vegetativo de V1 até V5, contudo, como os dois primeiros estágios (V1 e V2) são compostos de gemas em estágio de inturgescência e no V5 o tegumento do broto já está maior, no trabalho deu-se preferência por brotos entre os estágios V3 e V4, com maior probabilidade de encontrar ovos e ninfas de diferentes instares (TOMASETO, 2012). Essa metodologia demonstrou eficiência, evidenciada pelos resultados significativos alcançados no trabalho, e poderá ser utilizada na gestão de controle do psilídeo nos pomares comerciais e por agentes da Defesa Fitossanitária na fiscalização da realização adequada do controle do psilídeo nos pomares onde não se eliminam mais as árvores doentes.

A detecção de fases imaturas do psilídeo, especialmente de ninfas grandes, é indício de controle ineficiente do inseto. Isso sugere que o inseto tem oportunidade, tanto para a postura de ovos do psilídeo como para o desenvolvimento das ninfas nos brotos. Com este trabalho foi quantificado pela primeira vez o efeito do intervalo entre as aplicações de inseticidas de contato, da rotação adequada e inadequada de inseticidas com diferentes modos de ação e do nível da população externa de psilídeos sobre a presença das diferentes fases imaturas de *D. citri* dentro da propriedade, reforçando ainda mais as recomendações para o controle desse vetor e da doença.

A duração do ciclo de desenvolvimento de *D. citri*, desde o ovo até adulto, pode ser utilizada para estabelecer intervalos de aplicação de inseticidas capazes de impedir o

seu desenvolvimento completo nas plantas do pomar, conseqüentemente, reduzindo a população e a disseminação do HLB. Dependendo da temperatura, o período pode variar de 49,3 dias em temperaturas mais baixas (15°C) a cerca de 14 dias em temperatura média de 28°C (LIU e TSAI, 2000). Parra et al. (2010) apresentaram resultados semelhantes, com uma média de 14,57 dias para o ciclo de desenvolvimento em limão cravo a 24°C. Deste modo, em posse de tais informações é possível inferir que a presença de ninfas grandes, é sinônimo de no mínimo 9 a 14 dias de desenvolvimento sem a aplicação eficaz de inseticida, dependendo da data da postura. Com aplicações no intervalo de 7 dias, em populações de psilídeo suscetíveis ao inseticida utilizado, o ciclo é facilmente quebrado, impedindo a presença de ninfas grandes (4° e 5° instar). Entretanto, havendo populações resistentes do psilídeo ao inseticida usado ou intervalos maiores que 7 dias entre aplicações, o psilídeo poderá chegar aos estágios de 4° e 5° instares nos brotos.

Com base no ciclo de desenvolvimento do inseto e nas condições de temperatura predominantes nas regiões do estado de São Paulo nas quais foram avaliados os talhões de laranja doces, durante o trabalho, é possível explicar a elevada associação que o preditor intervalo de aplicação exerceu sobre as variáveis resposta de presença ou ausência das diferentes fases imaturas de *D. citri*. A média de temperatura na região durante o período de avaliação sugere que o ciclo de desenvolvimento do psilídeo tenha sido entre 14 e 20 dias. Portanto, a menor ocorrência das diferentes fases imaturas do psilídeo em brotos cuja aplicações de inseticidas eram em intervalos de aplicação de 7 dias, é explicada pelo fato de que, nas condições ideais, nesse intervalo, uma mesma população poderia ser alvo de até três pulverizações de inseticida, aumentando significativamente as chances de sucesso no controle. Para o intervalo de 15 dias, poderia ainda ter havido a possibilidade de uma determinada população não ter sido atingida por nenhuma aplicação, se for levado em consideração, a melhor condição para o desenvolvimento mais rápido. Por outro lado, com os intervalos mais longos (≥ 28 dias) que, dependendo da data de postura dos ovos e a data pulverização, o psilídeo poderia até completar seu ciclo sem receber nenhuma pulverização, já que em 28 dias ou mais caberiam até dois ciclos em condições ótimas de desenvolvimento. Liu e Tsai (2000) e Parra et al (2010) comentam que em temperaturas elevadas ou muito baixas, o ciclo de desenvolvimento do psilídeo é estendido, podendo chegar em extremos de 35 a 49 dias. Para manejos em intervalos mais curtos, como de 7 dias, a eficiência no controle é aumentada, podendo intervir até mesmo na presença de ninfas pequenas e médias (1° a 3° instar), já que o ciclo permite que uma mesma população, dependendo da data de

eclosão das ninfas, receba no mínimo uma aplicação ou mais e não há inseticida que exerça ação eficiente na coibição da eclosão das ninfas mesmo que aplicado sobre os ovos. Para os intervalos mais longos, de 15 e ≥ 28 dias, o prolongamento na duração do desenvolvimento do *D. citri*, é favorável para o controle ao permitir que uma determinada população de ninfas de 1° a 3° instar receba pelo menos uma aplicação de inseticida, e assim evitar que tais populações alcancem os estádios de 4° e 5° instar, que são considerados estádios mais críticos para o controle do psilídeo, em razão de estarem mais próximos de se tornarem adultos, e conseqüentemente, disseminarem o HLB.

Se a eficácia do controle fosse determinada exclusivamente pelo intervalo de aplicação de inseticidas nas plantas, os intervalos mais curtos entre as aplicações seriam considerados totalmente eficazes na erradicação do psilídeo nos pomares. No entanto, os dados deste estudo revelaram que ainda foram observadas presenças ocasionais das diferentes fases imaturas de *D. citri* (ovos e ninfas) mesmo em condições de intervalos de aplicação de 7 dias. Essa presença pode ser atribuída a possíveis escapes e às características dos inseticidas empregados quanto à eficácia em reduzir a eclosão das ninfas e ao tempo entre a sua aplicação e a morte do inseto. Leong, Leong & Beattie (2022) destacam que os inseticidas comumente utilizados no controle do psilídeo são de contato e geralmente não controlam todas as fases da vida do inseto. Primeiramente, ainda não se conhece um produto com ação efetiva no controle de ovos, ou seja, com ação ovicida, impedindo a eclosão das ninfas. Em segundo lugar, as ninfas podem apresentar comportamento de fuga, como se esconder dentro da folhagem nova, e os adultos podem voar durante o período de pulverização, além de diversas outras formas de escapes, seja por aplicação executada incorretamente, pelo rápido crescimento dos brotos gerando novos tecidos sem proteção do inseticida previamente aplicado, ou mesmo devido à seleção de indivíduos com resistência ao grupo químico ou modo de ação do inseticida utilizado.

A rotação de inseticidas com diferentes modos de ação, independente do intervalo de aplicação e da população externa de psilídeos, apresentou associação positiva e significativa com a menor frequência de brotos com presença de fases imaturas do psilídeo. Este resultado foi previsto nas hipóteses levantadas, visto que, de acordo com o trabalho desenvolvido por Chen et al. (2021), foi demonstrado que as populações de *D. citri* desenvolvem um elevado nível de resistência após três ou quatro pulverizações consecutivas de tiametoxam, em condições de aplicações para cinco gerações de ovo a adulto. Os dados expostos neste trabalho confirmam em partes os dados de Chen et al.

(2021) e permitem inferir que a rotação inadequada, com aplicações consecutivas de inseticidas com o mesmo modo de ação, favorece a seleção de indivíduos com resistência, permitindo que ele coloque seus ovos e as fases de ninfas se desenvolvam nos brotos. Entretanto, em virtude de não terem sido realizados testes específicos que confirmem características de resistência pelos psilídeos observados nos talhões avaliados, não se pode afirmar categoricamente que as maiores frequências de brotos com as fases imaturas do psilídeo nos talhões sob rotação inadequada, em comparação aos talhões sob rotação adequada, tenham sido em razão de populações resistentes do psilídeo. Para compreender de maneira precisa a influência dos fatores avaliados na formação de populações de psilídeos resistentes a inseticidas, é imperativo realizar novas pesquisas voltadas para a detecção e compreensão da resistência, assim como para investigar de que forma esses fatores impactam a geração e o tipo de resistência apresentada pelos insetos. Deste modo, os resultados apoiam a criação de um programa de pesquisa para o estudo da resistência do *D. citri* aos principais grupos químicos utilizados, de maneira isolada, ou em condições cruzadas.

Nas propriedades avaliadas no trabalho, das últimas cinco aplicações de inseticidas realizadas antes da avaliação dos brotos, os principais grupos químicos utilizados no manejo de controle do *D. citri*, considerando o número de aplicações feitas, foram os inseticidas neonicotinoides, piretroides e organofosforados. Predominantemente, as propriedades que não praticavam rotação adequada de inseticidas com modos de ação distintos fizeram uso repetido de pelo menos um desses três inseticidas. Os inseticidas piretroides se descaram como mais frequentes, independente do manejo adotado pela propriedade em intervalo de aplicação e prática de rotação, seguidos dos neonicotinoides e organofosforados. Com o uso constante e repetido de inseticidas pertencentes ao grupo dos piretroides, é possível que a pressão de seleção para este grupo seja maior que para os demais, o que pode explicar parte da presença mais frequente das diferentes fases imaturas de psilídeos nos talhões em que o controle do psilídeo era feito com piretroides. Estudos indicam a presença de populações resistentes do psilídeo a esses grupos de inseticidas, principalmente piretroides e neonicotinoides, em diversas regiões geográficas, como Paquistão (NAEEM et al., 2016), Flórida-EUA (TIWARI et al., 2011; COY, BIN & STELINSKI, 2016), México (PARDO et al., 2018 e RAMÍREZ-SÁNCHEZ et al., 2023) e China (YI, et al., 2020). O uso frequente dessas moléculas nas propriedades do cinturão citrícola em São Paulo e as observações dos resultados apresentados neste trabalho, sugerem um forte indício da existência de

populações resistentes de *D. citri* no estado de São Paulo. Recentemente, outras pesquisas confirmaram a resistência de populações de *D. citri* aos inseticidas piretroides, neonicotinoides e organofosforados no cinturão citrícola (AMARAL et al., 2023). Desta forma, a implementação de um programa de rotação de inseticidas com modos de ação distintos é essencial, tanto para reduzir a presença das diferentes fases imaturas quanto para contribuir na restauração da suscetibilidade da população a um determinado grupo ou molécula em que há resistência. Mesmo havendo populações resistentes do psilídeo a determinado inseticida, a sua suspensão temporária, por algumas gerações do psilídeo, acaba reestabelecendo a suscetibilidade da população ao inseticida. Isto foi demonstrado por Chen et al. (2018) que observou o restabelecimento gradual da suscetibilidade aos inseticidas neonicotinoides, imidacloprido e tiametoxam, ao longo de seis gerações não expostas a estes inseticidas. Neste trabalho, foi considerada rotação adequada aquela com no mínimo três grupos químicos diferentes sem aplicações consecutivas do mesmo grupo, o que faz com que não se volte a aplicar o mesmo grupo químico por no mínimo duas aplicações.

Controlar o psilídeo apenas dentro da propriedade pode não ser eficiente para o controle do HLB, pois o pomar pode receber constantemente populações do inseto oriundas de pomares vizinhos onde o controle não é realizado (BASSANEZI et al., 2013). De acordo com Fundecitrus (2023), para melhor manejar o HLB, ações conjuntas e coordenadas, que unem informações das populações de psilídeos em todas as regiões de monitoramento do cinturão citrícola e ajudam a conhecer os momentos críticos de aumento populacional e dispersão do psilídeo nas propriedades e regiões monitoradas e sua relação com as brotações, devem ser realizadas para o controle da população de psilídeo na região como um todo. Quanto maior população externa de psilídeos que chega ao pomar, maiores são as chances de encontrar psilídeos nos pomares comerciais, ainda mais se o controle na propriedade tiver alguma falha, como intervalos longos de aplicação e aplicação de produtos não eficientes. As observações fornecidas por este trabalho corroboram com a afirmativa, visto que, houve alta associação da população externa de psilídeos com a frequência de brotos com ovos e ninfas até o 3º instar. Entretanto, não foi observado que altas populações de psilídeos em propriedades de citros vizinhas aumentam significativamente a porcentagem de brotos com ninfas de 4º e 5º instares, sobre as quais o controle interno, quando realizado corretamente, é bastante efetivo. Segundo Parra et al. (2010), em condições de temperatura de $24^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, após a eclosão do ovo, a duração média do 1º instar do psilídeo é 2,57 dias, o 2º instar, dura em média

2,21 dias e o 3º instar dura 2,43 dias, o que no somatório daria aproximadamente 7 dias. Com aplicações no intervalo de 7 dias, em populações suscetíveis ao inseticida utilizado, o ciclo é facilmente quebrado, impedindo a presença de ninfas grandes (4º e 5º instares). Entretanto, havendo populações resistentes do psilídeo ao inseticida usado ou intervalos maiores que 7 dias entre aplicações, o psilídeo poderá chegar aos estágios de 4º e 5º instares nos brotos.

Diante dos resultados deste trabalho, recomenda-se a adoção de intervalos curtos entre as aplicações de inseticidas em conjunto com a prática de rotação adequada. Isso envolve a aplicação não consecutiva de três ou mais inseticidas com modos de ação diferentes. Além disso, a redução da população de psilídeos em propriedades vizinhas é indicada para diminuir a presença de ovos e ninfas de psilídeos dentro da propriedade, resultando em uma maior eficiência no controle interno de *D. citri*.

6. CONCLUSÃO

- A ocorrência e abundância de fases imaturas de *D. citri* em brotos de laranjeira em pomares comerciais é aumentada por intervalos longos de aplicação e programas de aplicação inseticidas com menos de três modos de ação distintos e/ou aplicações consecutivas de inseticida com o mesmo modo de ação;
- A população externa de psílídeos tem influência direta sobre a ocorrência de ovos e ninfas de 1º a 3º ínstar em brotos de laranjeiras de pomares comerciais, mas não influencia na ocorrência de ninfas de 4º e 5º instares;
- A ocorrência de ninfas de 4º e 5º instares nos brotos de laranjeira é um bom indicativo de falhas no controle do psílídeo dentro da propriedade, seja por intervalo longo de aplicação como por rotação inadequada de inseticidas, e o seu monitoramento deve ser usado para a gestão de controle do psílídeo na propriedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDOO, O. F. et al. Host suitability and feeding preference of the African citrus triozid *Trioza erythrae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae), natural vector of “*Candidatus* Liberibacter africanus”. **Journal of Applied Entomology**, v. 143, n. 3, p. 262-270, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jen.12581>. Acesso em 14 de abril de 2023.

ALMEIDA, C. O; PASSOS, O. S. **Citricultura brasileira em busca de novos rumos: Desafios e oportunidades na região Nordeste**. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas, BA. 2011. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083440.pdf>. Acesso em 25 de maio de 2022.

AMARAL, A. M. **Cancro cítrico: permanente preocupação da citricultura no Brasil e no mundo**. Brasília, DF, 2003. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2003. 5p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia: Comunicado técnico, 86).

AMARAL, F. S. A. et al. Resistência comprovada. Cultivar Hortaliças & Frutas, n.142, p. 14-17, 2023.

AMMAR, El-D.; SHATTERS JR, R. G.; HALL, D. G. Localization of *Candidatus* Liberibacter asiaticus, associated with citrus huanglongbing disease, in its psyllid vector using fluorescence in situ hybridization. **Journal of Phytopathology**, v. 159, n. 11-12, p. 726-734, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0434.2011.01836.x>. Acesso em 26 de abril de 2023.

APRD-Arthropod Pesticide Resistance Database. 2015. **Arthropod pesticide resistance database**. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/>. Acesso em 28 de abril de 2023.

AYRES, A. J. et al. **Manejo do greening: 10 mandamentos para o sucesso no controle da doença**. Araraquara: Fundecitrus, 67 p. 2019. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/>. Acesso em 26 de abril de 2023.

BARBOSA, C. J. et al. Monitoramento da invasão de *Candidatus* Liberibacter, agente causal do huanglongbing (HLB) dos citros em áreas produtoras da Bahia. **Tropical Plant Pathology** 37: 45º Congresso Brasileiro de Fitopatologia. Manaus. Agosto. 2012. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/944796/1/Monitoramentodainvasaod eCandidatusLiberibacter823.pdf>. Acesso em 23 de março de 2023.

BARTON, K. E.; KORICHEVA, J. The ontogeny of plant defense and herbivory: characterizing general patterns using meta-analysis. **The American Naturalist**, v. 175, n. 4, p. 481-493, 2010. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/650722>. Acesso em 05 de janeiro de 2024.

BASSANEZI et al. Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, p. 251-264, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00343-y> . Acesso em 28 de dezembro de 2023.

BASSANEZI, R. B. et al. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease**, v. 97, n. 6, p. 789-796, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-12-0314-RE>. Acesso em 26 de abril de 2023.

BASSANEZI, R. B., et al. Epidemiologia do huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 1, p. 11-23, 2010. Disponível em: <https://citrusrt.ccsm.br/journal/citrusrt/article/5d52f6590e8825596edae82>. Acesso em: 06 de junho de 2022.

BELASQUE JÚNIOR, J. et al. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 137-145, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tpp/a/m7J3CV7LrZns4MdwgmJsP4J/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 06 de junho de 2022.

BELASQUE JÚNIOR, J. et al. Lessons from huanglongbing management in São Paulo state, Brazil. **Journal of Plant Pathology**, p. 285-302, 2010. Disponível: <https://www.jstor.org/stable/41998803>. Acesso em 26 de abril de 2023.

BELOTI, V. H. **Utilização de *Murraya koenigii* como planta-isca visando o manejo do psílídeo *Diaphorina citri* (Hemiptera: Lividae)**. Tese de doutorado em Ciências. Área de concentração em entomologia. Escola superior de Agricultura “Luiz de queiroz” Esalq/USP. Orientador: Pedro Takao Yamamoto. 95p. 2018. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/2612/14c298713ce640a76710a4d9f9b38ce6513a.pdf>.

Acesso em 26 de setembro de 2023.

BOINA, D. R., MEYER, W. L., ONAGBOLA, E. O., STELINSKI, L. L. Quantifying dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) by immunomarking and potential impact of unmanaged groves on commercial citrus management. **Environmental Entomology** v. 38, p.1250-1258, 2009.

BOVÉ, J. M. et al. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, p. 7-37, 2006. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/41998278.pdf>. Acesso em 10 de maio de 2022.

BOVÉ, J. M. et al. Several Liberibacter and Phytoplasma Species are Individually Associated with HLB. In: GOTTWALD, T. R.; GRAHAM, J. H. (Ed.). **Proceedings of the Meeting**. (IRCH). 2008. p.152-155. Disponível em: https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/22_IRCHLB_08.pdf. Acesso em 23 de março de 2023.

CANALE, M. C. et al. Latency and persistence of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ in its psyllid vector, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Phytopathology**, v. 107, n. 3, p. 264-272, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-16-0088-R>. Acesso em 24 de abril de 2023.

CANALE, M. C.; KOMADA, K. M.; LOPES, J. R. Latency and incubation of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ in citrus after vector inoculation. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, p. 320-326, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40858-019-00311-1>. Acesso em 24 de abril de 2023.

CAPOOR, S. P. et al. *Diaphorina citri* Kuway., a vector of the greening disease of citrus in India. **Indian Journal of Agriculture Science**, v. 37, n. 572.576, p. 1382-1382, 1967. Disponível em: <http://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000830.pdf>. Acesso em 04 de abril de 2023.

CASTILHOS, R. V. et al. Huanglongbing: possível ameaça à citricultura catarinense?. **Agropecuária Catarinense**, v. 30, n. 1, p. 36-39, 2017. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/37>. Acesso em 10 de maio de 2022.

CHEN, X. D. et al. Insecticide rotation scheme restores insecticide susceptibility in thiamethoxam-resistant field populations of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), in Florida. **Pest Management Science**, v. 77, n. 1, p. 464-473, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.6039>. Acesso em 28 de abril de 2023.

CHEN, X. D. et al. Resistance to commonly used insecticides in Asian citrus psyllid: stability and relationship to gene expression. **Journal of Applied Entomology**, v. 142, n. 10, p. 967-977, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jen.12561>. Acesso em 28 de abril de 2023.

CHEN, X. D.; STELINSKI, L. L. Resistance management for Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida. **Insects**, v. 8, n. 3, p. 103, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects8030103>. Acesso em 28 de abril de 2023.

CIFUENTES-ARENAS JC, de G. A., MIRANDA, M. P, BEATTIE GAC, LOPES S. A. (2018) Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **PLoS ONE** 13(1), v. 13, n. 1, p1-17. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190563>. Acesso em 25 de setembro de 2023.

CIFUENTES-ARENAS, J. C. **Huanglongbing e *Diaphorina citri*: Estudos das relações patógeno-vetor-hospedeiro**. Orientador: Dr. Silvio Aparecido Lopes. 2017. 133p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/151391>. Acesso em 27 de abril de 2023.

COELHO, Y. S. **Citros: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF 2005. 219p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/119224>. Acesso em 10 de maio de 2022.

COLETTA-FILHO, H. D. et al. First report of the causal agent of Huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease**, v. 88, n. 12, p. 1382-1382, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.12.1382C>. Acesso em 08 de fevereiro de 2024.

COLETTA-FILHO, H. D. et al. Citrus variegated chlorosis: an overview of 30 years of research and disease management. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, p. 175-191, 2020.

Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00358-5> . Acesso em 28 de dezembro de 2023.

COSTA, L. A. **Terceiro catálogo de insetos que vivem nas plantas do Brasil**. Rio de Janeiro: Directoria da Estatística da Produção, 460p. 1936.

COY, M. R.; BIN, L.; STELINSKI, L. L. Reversal of insecticide resistance in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Florida Entomologist**, v. 99, n. 1, p. 26-32, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1653/024.099.0106>. Acesso em 28 de abril de 2023.

CRUZ, I. **Manejo da resistência de insetos-praga a inseticidas, com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (Smith)**. 2002. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/487241>. Acesso em 18 de dezembro de 2023.

DE CARLI, L. F. et al. Leaf age affects the efficacy of insecticides to control Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 142, n. 7, p. 689-695, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jen.12517>. Acesso em 25 de setembro de 2023.

DEMÉTRIO, C. G. B.; HINDE, J.; MORAL, R. A. Models for overdispersed data in entomology. **Ecological Modelling Applied to Entomology**, p. 219-259, 2014. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-06877-0_9. Acesso em: 26 de janeiro de 2023.

FUNDECITRUS et al. **Inventário de árvores do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro: retrato dos pomares em março de 2022**. Publicado em Fundecitrus, 2022: Araraquara, São Paulo.

FUNDECITRUS. **Alerta Fitossanitário**. [2023]. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/alerta-fitossanitario/3-araraquara---sp>. Acesso em 24 de novembro de 2023a.

FUNDECITRUS. Como controlar o psílideo e vencer a resistência a inseticidas. **Revista Citricultor**, ano XIV, n. 59, p.18-21, 2023b.

GARCÍA, M. V. et al., Resistência a inseticidas em adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama de pomares de limão no centro-oeste do México. **Southwest Entomologist**

38: 579-596. 2013 . Disponível em: <https://doi.org/10.3958/059.038.0404>. Acesso em 03 de maio de 2023.

GARCÍA-MÉNDEZ, V. H. et al. Resistencia de *Diaphorina citri* Kuwayama a insecticidas en cinco Áreas Regionales de Control en México. **Southwestern Entomologist**, v. 44, n. 4, p. 947-954, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3958/059.044.0415>. Acesso em 24 de março de 2023.

GARZO, E. et al. Morphological description of the mouthparts of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). **Arthropod Structure & Development**, v. 41, n. 1, p. 79-86, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asd.2011.07.005>. Acesso em 17 de abril de 2023.

GEORGHIOU, G. P. Management of resistance in arthropods. In: GEORGHIOU, G. P. & SAITO, T. (eds.), **Pest resistance to pesticides**. Plenum, New York, 1983, p. 769-792. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-4466-7_32. Acesso em 10 de maio de 2023.

GEORGHIOU, G. P. Principles of insecticide resistance management. In: **Phytoprotection**. Érudit, 1994. p. 51-59. Disponível em: <https://doi.org/10.7202/706071ar>. Acesso em 02 de maio de 2023.

GIRARDI, E. A. et al. **Guia de reconhecimento dos citros em campo: um guia de reconhecimento prático para o reconhecimento em campo de variedades de laranjeiras-doce e outras espécies de citros cultivadas no estado de São Paulo e Triângulo mineiro**. Fundo de defesa da citricultura: Fundecitrus. Araraquara, 2021. 158p.

GRAHAM, J. H. et al. Penetration through leaf stomata and growth of strains of *Xanthomonas campestris* in citrus cultivars varying in susceptibility to bacterial diseases. **Phytopathology**, v.82, p.1319-1325, 1992. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1992Articles/Phyto82n11_1319.pdf. Acesso em 22 de março de 2023.

GRAVENA, S. et al. Efeito fisiológico do inseticida pyriproxyfen no controle do psilídeo dos citros em laranja doce. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 2, p. 145-154, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/2236-3122.20100014>. Acesso em 08 de fevereiro de 2024.

GRAVENA, S. História do controle de pragas na citricultura brasileira. **Citrus Research & Technology**, v. 32, n. 2, p. 85-92, 2017. Disponível em: <https://www.citrusrt.ccsm.br/journal/citrusrt/article/5964e70d0e88250c33082b38>.

Acesso em 9 de maio de 2022.

HALBERT, S. E.; MANJUNATH, K. L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, v. 87, n. 3, p. 330-353, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0330:ACPSPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0330:ACPSPA]2.0.CO;2). Acesso em 18 de abril de 2023.

IRAC-BR. **Comitê brasileiro de ação a resistência a inseticidas: A importância de rotacionar inseticidas com diferentes modos de ação**. 2022. Disponível em: <https://www.irc-br.org/single-post/a-import%C3%A2ncia-de-rotacionar-inseticidas-com-diferentes-modos-de-a%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em 10 maio 2023.

KANGA, L. HB et al. Monitoring for insecticide resistance in Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida. **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 2, p. 832-836, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jee/tov348>. Acesso em 03 de maio de 2023.

LEE, J. A. et al. Asymptomatic spread of huanglongbing and implications for disease control. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 24, p. 7605-7610, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1508253112>. Acesso em 18 de dezembro de 2023.

LEONG, S. S.; LEONG, S. CT; BEATTIE, G. AC. Integrated Pest Management Strategies for Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) and Huanglongbing in Citrus for Sarawak, East Malaysia, Borneo. **Insects**, v. 13, n. 10, p. 960, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects13100960>. Acesso em 15 de março de 2023.

LIU, Y. H.; TSAI, J. H. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). **Annals of Applied Biology**, v. 137, n. 3, p. 201-206, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00060.x>. Acesso em 20 de abril de 2023.

LOPES, J. R. S. et al. Psilídeo-asiático-dos-citros, *Diaphorina citri* Kuwayama. **Pragas Introduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros**; Vilela, EF, Zucchi, RA, Eds, p. 299-314,

2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Mauricio-Bento/publication/317385840_Psilideo-asiatico-dos-citros_Diaphorina_citri_Kuwayama_in_portuguese/links/59380b9aaca272bcd1773548/Psilideo-asiatico-dos-citros-Diaphorina-citri-Kuwayama-in-portuguese.pdf. Acesso em 26 de dezembro de 2023.

LOPES, S. A. et al. Graft transmission efficiencies and multiplication of ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’ and ‘*Ca. Liberibacter asiaticus*’ in citrus plants. **Phytopathology**, v. 99, n. 3, p. 301-306, 2009. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/phyto-99-3-0301>. Acesso em 13 de abril de 2023.

LOPES, S. A.; CIFUENTES-ARENAS, J. C. Protocol for successful transmission of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ from citrus to citrus using *Diaphorina citri*. **Phytopathology**, v. 111, n. 12, p. 2367-2374, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-21-0076-R>. Acesso em 25 de abril de 2023.

LV, Y. et al. MicroRNA miR171b Positively Regulates Resistance to Huanglongbing of Citrus. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 6, p. 5737, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms24065737>. Acesso em 23 de março de 2023.

MARSARO JÚNIOR, A. L. et al. Primeiro registro de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) para o estado de Roraima, Brasil. **Brazilian Journal of Agriculture-Revista de Agricultura**, v. 89, n. 3, p. 183-186, 2014. Disponível em: <http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/148>. Acesso em 17 de abril de 2023.

MCCLEAN, A. P. D.; OBERHOLZER, P. C. J. Citrus psylla, a vector of the greening disease of sweet orange-research note. **South African Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 297-298, 1965. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/phyto-99-3-0301>. Acesso em 13 de abril de 2023.

MCCULLAGH, P. et al. Nelder, J. A. (1989), generalized linear models. **CRC Monographs on Statistics & Applied Probability**, Springer Verlag, New York, 1973.

MEDINA FILHO, H. P. et al. Resistência de clones e híbridos de porta-enxertos de citros à gomose de tronco causada por *Phytophthora parasitica*. **Fitopatologia Brasileira**, v.

28, p. 534-540, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000400002>. Acesso em 18 de dezembro de 2023.

MELO, M. B.; ANDRADE, L. N. T. Principais doenças da citricultura em Sergipe e seu controle. In: MELO, M. B.; SILVA, L. M. S. **Aspectos Técnicos dos Citros em Sergipe**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p. 71-86. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2007/aspectoscitros/livro_completo.pdf#page=66. Acesso em 10 de maio de 2022.

MENDONÇA, M. C.; SILVA, L. M. S. Pragas dos citros em Sergipe. In: MELO, M. B.; SILVA, L. M. S. **Aspectos Técnicos dos Citros em Sergipe**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. p. 61-70. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2007/aspectoscitros/livro_completo.pdf#page=66. Acesso em 10 de maio de 2022.

MIRANDA, M. P. et al. Monitoring methods for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) on citrus groves with different insecticide application programmes. **Journal of Applied Entomology**, v. 142, n. 1-2, p. 89-96, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jen.12412> . Acesso em 17 de abril de 2023.

MIRANDA, M. P. **Manual do Psílideo *Diaphorina citri*: medidas essenciais de controle**, 2ed., Araraquara, Fundecitrus. 2022. 19p. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/psilideo-diaphorina-citri/105 . Acesso em 28 de dezembro de 2023.

MONTESINO, L. H. **Manejos de borda em pomares de citros na epidemiologia do Huanglongbing**. Tese de doutorado, Orientador: Dr. José Carlos Barbosa. Apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Unesp, Câmpus de Jaboticabal. 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/5cd1911e-36f7-46d1-8d87-8a986cbdb143/download>. Acesso em 21 de novembro de 2023.

MOREIRA, R. R. et al. Impact of diseases and pests on premature fruit drop in sweet orange orchards in São Paulo state citrus belt, Brazil. **Pest Management Science**, v. 78, n. 6, p. 2643-2656, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.6894>. Acesso em 19 de dezembro de 2023.

NANNAN, L. et al. Mudança comportamental, modificação fisiológica e desintoxicação metabólica: mecanismos de resistência a inseticidas. Kun chong xue bao. **Acta**

Entomologica Sinica , v. 49, n. 4, pág. 671-679, 2006. Disponível em: <https://europepmc.org/article/cba/621946>. Acesso em: 02 de maio de 2023.

OMOTO, C. Princípios e práticas de manejo da resistência de pragas a pesticidas. **Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado**, v. 5, p. 69-74, 2004. Disponível em: https://www.irac-br.org/files/ugd/2bed6c_18493b96e1994f728e9da2238865529b.pdf. Acesso em 08 de maio de 2023.

PARDO, S. et al. Insecticide resistance of adults and nymphs of Asian citrus psyllid populations from Apatzingán Valley, Mexico. **Pest Management Science**, v. 74, n. 1, p. 135-140, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.4669>. Acesso em 28 de abril de 2023.

PARRA, J. R. P. et al. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/2236-3122.20100004>. Acesso em 12 de abril de 2023.

PENG, C-Y. J.; LEE, K. L. ; INGERSOLL, G. M. An introduction to logistic regression analysis and reporting. **The Journal of Educational Research**, v. 96, n. 1, p. 3-14, 2002. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00220670209598786>. Acesso em 26 de janeiro de 2023.

Pesquisa de Estimativa de Safra-PES. Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja 2022/23 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro. Publicado em 01 de julho de 2022. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2022_07_01_Inventario_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2022-2023.pdf. Acesso em 07 de março de 2023.

PONTIN, J. C. **Tecnologia sustentável no controle de pragas na cafeicultura e citricultura.** 2022. 100p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) - Faculdade Católica de Campinas, Campinas, 2022. Disponível em: http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/bitstream/handle/123456789/16553/cea_ppgsust_me_Jo%c3%a3o_CP.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 22 de março de 2023.

PORTO, L. R. et al. **Caracterização espectral da folha de citrus contaminada por HLB baseado em espectrometria de campo.** Orientador: Nilton Nobuhiro Imai, 2021. Dissertação de Mestrado em Ciências Cartográficas. Faculdade de Ciências e Tecnologia

da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP. Presidente Prudente 2021. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/211008/porto_lr_me_prud_par.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em 10 de maio e 2022.

PORTO, O. P. Doenças e pragas. In: KOLLER, O. C. (Org.). **Citricultura: 1. Laranja: Tecnologia de produção, Pós-colheita, Industrialização e Comercialização**. Porto Alegre: Cinco Continente, 2006. p. 181-317.

RISSATO, A. B. et al. Exportação de suco de laranja concentrado brasileiro. **Anais do Simpósio Sul-Mato-Grossense de Administração**, v. 4, n. 4, p. 715-724, 2021. Disponível em: <https://desafioonline.ufms.br/index.php/SIMSAD/article/view/13399/9263>. Acesso em 10 de maio de 2022.

ROGERS, M. E.; STANSLY, P. A. 2007 Florida Citrus Pest Management Guide: Asian Citrus Psyllid and Citrus Leafminer: ENY-734/IN686, 11/2006. **EDIS**, v. 2007, n. 10, 2007. Disponível em: <https://journals.flvc.org/edis/article/download/116574/114771>. Acesso em 08 de fevereiro de 2024.

ROSSETTI, V.; NEGRI, J. D. Clorose variegada dos citros-revisão. **Citrus Research & Technology**, v. 32, n. 1, p. 61-66, 2017. Disponível em: <https://www.citrusrt.ccsm.br/journal/citrusrt/article/5964e24e0e88254231082b3a>. Acesso em 22 de março de 2023.

SICHIERI, C. E. **Volumes de calda acaricida para o controle do ácaro da leprose dos citros (*Brevipalpus yothersi*) utilizando turbopulverizador convencional e eletrostático**. 2018. Dissertação de Mestrado. Fundecitrus. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/projetos/CarlosZEduardoZSichieri.pdf> Acesso em 17/01/2024.

SINGERMAN, A.; USECHE, P. Impact of citrus greening on citrus operations in Florida. **Report**. University of Florida/Institute of Food and Agricultural Sciences Extension. FE983, 2016. Disponível em: [https://crec.ifas.ufl.edu/extension/citrus_rootstock/rootstock-literature/2016.%20A.%20Singerman,%20P.%20Useche,%20Impact%20of%20Citrus%20Greening%20on%20Citrus%20Operations%20in%20Florida%20\(REPORT\).pdf](https://crec.ifas.ufl.edu/extension/citrus_rootstock/rootstock-literature/2016.%20A.%20Singerman,%20P.%20Useche,%20Impact%20of%20Citrus%20Greening%20on%20Citrus%20Operations%20in%20Florida%20(REPORT).pdf).

Acesso em 04 de abril de 2023.

TABASHNIK, B. E. Managing resistance with multiple pesticide tactics: theory, evidence, and recommendations. **Journal of Economic Entomology**, v. 82, n. 5, p. 1263-1269, 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jee/82.5.1263>. Acesso em 02 de maio de 2023.

TEIXEIRA, D. C. et al. ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’, associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 55, n. 5, p. 1857-1862, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63677-0>. Acesso em 08 de fevereiro de 2024.

TIWARI, S. et al. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. **Pest Management Science**, v. 67, n. 10, p. 1258-1268, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.2181>. Acesso em 28 de abril de 2023.

TOMASETO, A. F. **Capacidade de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae)**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.11.2013.tde-21022013-160927>. Acesso em 21 de novembro de 2023.

VANACLOCHA, P. et al. Residual toxicity of insecticides used against the Asian citrus psyllid and resistance management strategies with thiamethoxam and abamectin. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 871-883, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ps.1305>. Acesso em 28 de abril de 2023.

WHO - EXPERT COMMITTEE ON INSECTICIDES et al. **Expert Committee on Insecticides: seventh report [of a meeting held in Geneva from 10 to 17 July 1956]**. World Health Organization, 1957.

YAMAMOTO, P. T. et al. Chemical control of sharpshooter in citrus. **Citrus Research & Technology**, v. 23, n. 1, p. 141-154, 2017. Disponível em: <https://citrusrt.ccsm.br/article/59a998e70e88259d20862ca9/pdf/citrusrt-23-1-141.pdf>. Acesso em 23 de março de 2023.

YAMAMOTO, P. T. et al. Eficácia de inseticidas para o manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros. **BioAssay**, v. 4, 2009. Disponível em: <https://www.bioassay.org.br/index.php/bioassay/article/view/21/53>. Acesso em 10 de maio de 2022.

YAMAMOTO, P. T.; LOST FILHO, F. H.; PAZINI, J. B. Resistência de pragas. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 20, n. 133, p. 20-23, 2022. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/acervo/ler/cb7d40da-bb30-4928-9e43-4a7740467fef>.

Acesso em 02 de maio de 2023.

YAMAMOTO, P. T.; PAIVA, P. EB; GRAVENA, S. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região Norte do Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 165-170, 2001.

YANG, Y. et al. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: a status report for China. **International Journal of Pest Management**, v. 52, n. 4, p. 343-352, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09670870600872994>. Acesso em 17 de abril de 2023.

YI, T. et al. Symbiotic fungus affected the asian citrus psyllid (ACP) resistance to imidacloprid and thiamethoxam. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 522164, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.522164>. Acesso em 28 de abril de 2023.

ZORZENON, F. P. F. **Fatores abióticos e bióticos associados ao período crítico de dispersão de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em regiões do estado de São Paulo**. Orientador: Dr. Marcelo Pedreira de Miranda. Coorientador: Dr. Arthur Fernando Tomaseto. 2019. 34f. Dissertação (Mestrado) – Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, 2019. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/projetos/FernandoZdeZPietroZFrancoZZorzenon.pdf>. Acesso em 08 de maio de 2023.