

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E CONTROLE DE *Brevipalpus yothersi*
BAKER, 1949 (ACARI: TENUIPALPIDAE) ASSOCIADOS AO VOLUME
DE CALDA APLICADO EM CITROS**

Matheus Cardoso de Castro

Biólogo

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E CONTROLE DE *Brevipalpus yothersi*
BAKER, 1949 (ACARI: TENUIPALPIDAE) ASSOCIADOS AO VOLUME
DE CALDA APLICADO EM CITROS**

Discente: Matheus Cardoso de Castro

Orientador: Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal,
como parte das exigências para a obtenção do título
de Doutro em Agronomia (Entomologia Agrícola).

C355d

Castro, Matheus Cardoso de

Distribuição espacial e controle de *Brevipalpus yothersi* Baker, 1949 (Acari: Tenuipalpidae) associada ao volume de calda aplicado em citros / Matheus Cardoso de Castro. -- Jaboticabal, 2025

56 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Daniel Júnior de Andrade

1. Ácaro da leprose. 2. Tecnologia de aplicação. 3. Manejo integrado de pragas. 4. SADIE. 5. Citricultura. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E CONTROLE DE *Brevipalpus yotheresi* BAKER, 1949 (ACARI: TENUIPALPIDAE) ASSOCIADA AO VOLUME DE CALDA APLICADO EM CITROS

AUTOR: MATHEUS CARDOSO DE CASTRO

ORIENTADOR: DANIEL JUNIOR DE ANDRADE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE (Participação Presencial)
Departamento de Fitossanidade / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 JAQUELINE FRANCIOSI DELLA VECCHIA
Data: 09/02/2025 13:15:42-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. JAQUELINE FRANCIOSI DELLA VECCHIA (Participação Virtual)
Fundo de Defesa da Citricultura - FUNDECITRUS / Araraquara/SP



Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR (Participação Presencial)
Departamento de Fitossanidade / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 MARIO EIDI SATO
Data: 06/02/2025 12:37:01-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Pesquisador Dr. MÁRIO EIDI SATO (Participação Virtual)
Centro de Programação de Pesquisa / Instituto Biológico - Campinas/SP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
gov.br RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO
Data: 07/02/2025 07:22:31-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO (Participação Virtual)
Departamento de Entomologia e Acarologia / Universidade de São Paulo ESALQ/USP - Piracicaba/SP

Jaboticabal, 05 de fevereiro de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Matheus Cardoso de Castro – Natural de Guararapes, SP, nascido em 13 de outubro de 1992, filho de José de Castro Sobrinho e Carmen Lúcia Cardoso. Formado biólogo pela Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, no ano de 2017. Durante a graduação desenvolveu trabalhos com seleção de fungos do cerrado, analisando a atividade enzimática desses microrganismos, sob orientação da Prof. Dr. Heloíza Ferreira Alves. Posteriormente, desenvolveu trabalhos com controle químico e biológicos de pragas agrícolas na cultura da soja, milho, feijão, algodão, cana de açúcar e tomate, sob orientação do Prof. Dr. Geraldo Papa. Desenvolveu estágio curricular supervisionado na empresa PROMIP, onde posteriormente foi contratado como Auxiliar de Pesquisa junto ao time de controle e monitoramento de pragas agrícolas. Em agosto de 2017 ingressou no curso de mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal, desenvolvendo suas pesquisas na área de biodiversidade e prospecção de ácaros predadores edáficos, sob orientação do Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho. Em agosto de 2019, iniciou o curso de doutorado na mesma instituição, desenvolvendo suas pesquisas na área de Acarologia Agrícola, sob orientação do Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade. Durante o período de doutorado desenvolveu atividades relacionadas a tese, como controle do ácaro da leprose no campo, qualidade da pulverização realizada para o controle do ácaro da leprose, teste de eficácia de diferentes moléculas acaricidas para o controle de ácaros na cultura do citros. Também desenvolveu atividades extracurriculares, como participar da organização de eventos científicos, além de atuar como suplente na representação dos discentes do Programa de pós-graduação em Entomologia Agrícola durante três anos. Atualmente é pesquisador na Fundação Coopercitrus Credicitrus, na área de teste de eficácia e praticabilidade agronômicas dos pesticidas, sediado em Bebedouro-SP.

"Louvai ao Senhor, porque ele é
bom, porque a sua benignidade
dura para sempre" (Salmo 136:1)

Dedico

Aos meus pais, Carmen e José, à
minha esposa Ana, e a família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por guiar e iluminar minhas escolhas e meu caminho, dar forças para superar todos os obstáculos que surgiram durante o percurso;

Aos meus pais, José de Castro Sobrinho e Carmen Lúcia Cardoso, e irmã, Deyse Cristina Cardoso Castro Bem pelo amor, apoio, força, compreensão e zelo;

À minha esposa Ana Beatriz Dilena Spadoni por toda caminhada que até percorremos, pelos momentos compartilhados, pelo companheirismo, paciência, carinho, zelo e amor. É um prazer compartilhar a vida com você;

Ao Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade, pela valiosa orientação, ensinamentos, principalmente pelo seu incentivo, confiança, sensibilidade, profissionalismo, amizade, disposição em todos os momentos e pelo exemplo de comportamento ético e profissional;

À Universidade Estadual Paulista e à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP/FCAV, pela oportunidade de realização do curso;

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do curso;

Aos Profs Dr. Odair Aparecido Fernandes e Dr. Marcelo da Costa Ferreira pela participação e colaboração no meu Exame Geral de Qualificação;

À FarmAtac aqui representada pelo Leandro Fukuda e Danilo Franco pelos insights, tempo cedido e pela parceria durante o desenvolvimento do projeto. Além disso, deixar um agradecimento em especial aos amigos Junior, Renan, Cléber, Guilherme e aos demais funcionários e estagiários pelos momentos de companheirismo e prontidão durante as coletas e avaliações.

Aos amigos, que tenho o prazer de tê-los como padrinhos, Joacir do Nascimento e Sandy Souza Fonseca, pela amizade, parceria e pelos momentos de alegria compartilhados;

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela amizade, companheirismo e momentos compartilhados;

Aos colegas do AcaroLab pelo bons momentos compartilhados;

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

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
2. Objetivos	4
• Objetivo geral.....	4
Avaliar a influência diferentes volumes de calda no controle e distribuição espacial de <i>Brevipalpus yothersi</i> na cultura do citros.	4
• Objetivos específicos	4
Avaliar a distribuição de <i>Brevipalpus yothersi</i> em citros.....	4
Avaliar a queda de frutos devido a leprose do citros.	4
Avaliar o emprego de diferentes volumes de calda para o controle de <i>Brevipalpus yothersi</i> em baixa e alta infestação em plantas de idades distintas.	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
• 3.1. Ácaro da leprose, <i>Brevipalpus yothersi</i> (aspectos biológicos e distribuição) .	4
• 3.2. Manejo do ácaro da leprose	6
• 3.3. Evolução/Histórico dos equipamentos de pulverização	7
4. MATERIAIS E MÉTODOS	10
• 4.1. Locais de execução dos experimentos	10
4.2. Experimento 1	10
• 4.2.1 Caracterização da área de estudo	10
• 4.2.2. Delineamento experimental	11
• 4.2.3. Flutuação populacional e determinação de infestação de <i>B. yothersi</i>	12
• 4.2.4. Avaliação de cobertura	13
• 4.2.5. Avaliação da deposição de calda.....	14
• 4.2.6. Aplicação dos tratamentos	15
• 4.2.7. Análise de dados.....	16
4.3. Experimento 2	17
• 4.3.1. Caracterização da área do estudo	17
• 4.3.2. Delineamento experimental	18
• 4.3.3. Aplicação dos tratamentos	19
• 4.3.4. Flutuação populacional e determinação de infestação de <i>B. yothersi</i>	21
• 4.3.5. Análises dos dados	21
5. Resultados	22
5.1. Experimento 1	22

• 5.1.1. Resultados	22
• 5.1.2. Discussão	31
5.2. Experimento 2	35
• 5.2.1. Resultados	35
• 5.2.2. Discussão	42
6. Conclusões.....	45
7. Referências bibliográficas	45

Distribuição espacial e controle de *Brevipalpus yothersi* baker, 1949 (acarí: tenuipalpidae) associados ao volume de calda aplicado em citros

RESUMO – A citricultura é um dos pilares da economia agrícola brasileira, com o país liderando a produção mundial de laranjas. Entre os desafios enfrentados, destaca-se a leprose dos citros, causada pelo vírus (CiLV-C), transmitido pelo ácaro da leprose (*Brevipalpus yothersi*). Esta doença resulta em perdas significativas de produção e altos custos de controle, pautado no controle do vetor. Para avaliar o impacto de diferentes volumes de calda no manejo do ácaro, foram conduzidos dois experimentos em pomares comerciais no estado de São Paulo. No primeiro experimento, foram selecionados dois talhões de laranja-doce com níveis distintos de infestação (alta e baixa). Foi adotado delineamento experimental em blocos casualizados onde as parcelas receberam volumes de calda de 100 ml.m⁻³ e 200 ml.m⁻³, com avaliações mensais. Foram coletados 5 frutos por parcela, totalizando 300 unidades amostrais por tratamento. Além disso foram analisados parâmetros como deposição e cobertura superficial da calda, além da distribuição espacial do ácaro. No segundo experimento, o delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com seis blocos e dois tratamentos (100 ml.m⁻³ e 180 ml.m⁻³), conduzido em um pomar com histórico de alta infestação. As avaliações ocorreram quinzenalmente, considerando três plantas por parcela, das quais foram coletados três frutos e três ramos por planta, totalizando 18 unidades amostrais por parcela, para analisar a flutuação populacional e infestação. Além disso foi possível avaliar a queda de frutos provenientes da leprose. Os resultados mostraram que volumes maiores (200 ml.m⁻³ e 180 ml.m⁻³) proporcionaram melhor deposição de calda e controle populacional em cenários de alta infestação, proporcionando menores infestações e queda de frutos, enquanto volumes menores (100 ml.m⁻³) embora foram eficazes em áreas de baixa infestação, em cenário de alta infestação apresentou uma perda estimada de 33,3% de caixas perdidas devido à queda de frutos. Conclui-se que ajustes no volume de calda, baseados no histórico de infestação e características do pomar, são essenciais para o manejo eficiente do ácaro da leprose.

Palavras chave: ácaro da leprose, tecnologia de aplicação, SADIE, MIP.

Spatial distribution and control of *Brevipalpus yothersi* Baker, 1949 (Acari: Tenuipalpidae) associated with spray volume in citrus orchards

ABSTRACT – Citrus farming is one of the pillars of the Brazilian agricultural economy, with the country leading global orange production. Among the challenges faced, citrus leprosis stands out, caused by the virus (CiLV-C) and transmitted by the leprosis mite (*Brevipalpus yothersi*). This disease results in significant productivity losses and high control costs, primarily through vector management. To evaluate the impact of different spray volumes on mite management, two experiments were conducted in commercial orchards in the state of São Paulo. In the first experiment, two sweet orange plots with distinct infestation levels (high and low) were selected. A randomized block design was adopted, where plots received spray volumes of 100 ml.m⁻³ and 200 ml.m⁻³, with monthly evaluations. Five fruits per plot were collected, totaling 300 sampling units per treatment. Additionally, parameters such as spray deposition, surface coverage, and spatial distribution of the mite were analyzed. In the second experiment, a randomized block design with six blocks and two treatments (100 ml.m⁻³ and 180 ml.m⁻³) was used in an orchard with a history of high infestation. Evaluations were conducted biweekly, considering three plants per plot, from which three fruits and three branches per plant were collected, totaling 18 sampling units per plot, to analyze population fluctuation and infestation. Furthermore, fruit drop caused by leprosis was evaluated. The results showed that higher volumes (200 ml.m⁻³ and 180 ml.m⁻³) provided better spray deposition and population control in high-infestation scenarios, resulting in lower infestations and fruit drop. Conversely, lower volumes (100 ml.m⁻³), while effective in areas with low infestation, led to an estimated 33.3% loss of fruit boxes due to fruit drop in high-infestation scenarios. It is concluded that adjustments in spray volume, based on infestation history and orchard characteristics, are essential for the efficient management of the leprosis mite.

Keywords: leprosis mite, spray technology, SADIE, IPM.

1- INTRODUÇÃO

A citricultura é um dos pilares da economia agrícola brasileira, com o país liderando a produção mundial de laranjas. Nas última safra 23/24 a produção de laranjas foi de 307,2 milhões de caixas de 40,8 kg (Fundecitrus, 2024). Entretanto, há diversas barreiras fitossanitárias que podem fazer com que o potencial de produção de citros no Brasil seja prejudicado, com destaque para o ataque de doenças e pragas das quais o ácaro da leprose *Brevipalpus yothersi* Baker, 1949 é considerado como praga chave na citricultura.

O ácaro da leprose é responsável pela transmissão do vírus da leprose dos citros (CiLV-C), o que resulta no desenvolvimento da doença conhecida como leprose dos citros (Müller et al., 2005). Este ácaro acarreta altos custos de controle nos pomares, representando 60% dos acaricidas utilizados.

Nesse contexto, a leprose dos citros se destaca como a principal doença viral que atinge a cultura no país (Freitas-Astúa et al., 2016; Ramos-González et al., 2016) e é considerada uma doença reemergente devido à sua recente dispersão pelo hemisfério Norte (Roy et al., 2015). Os sintomas incluem lesões cloróticas ou necróticas localizadas na região de alimentação do ácaro em órgãos vegetais, como folhas, frutos e ramos. Plantas com alta incidência de ataque podem apresentar desfolha, seca de ramos e queda prematura de frutos, promovendo uma redução drástica na produção (Bastianel et al., 2010). Além disso, a disseminação da doença nos pomares ocorre por meio da transmissão de plantas dentro da linha de cultivo a curtas distâncias (Junior et al., 2016).

Tanto o ácaro quanto a doença estão presentes em praticamente todas as regiões produtoras de citros do país. No estado de São Paulo, a incidência e a severidade da leprose são frequentemente maiores nas regiões norte e noroeste (Bassanezi et al., 2014). As condições climáticas da região são o principal fator que influencia o desenvolvimento e o aumento populacional do ácaro. Há uma tendência de que os níveis populacionais do ácaro da leprose sejam maiores entre janeiro e maio, enquanto o período crítico para identificar a severidade da doença nos pomares ocorre entre maio e agosto (Rodrigues, 2000; Rodrigues e Machado, 2000).

Estima-se que a indústria de citros no Brasil gaste mais de US\$ 80 milhões por ano (Bastianel et al., 2010), sendo São Paulo responsável por 80% da produção nacional. Diversas estratégias de controle da doença são sugeridas, como a realização de podas em ramos lesionados, remoção de frutos doentes, redução da população do ácaro vetor através do plantio de mudas livres de ácaros, desinfestação e limpeza de equipamentos, controle de plantas daninhas hospedeiras do ácaro, colheita antecipada dos frutos e controle periódico do ácaro vetor com acaricidas (Bassanezi et al., 2016). Contudo, essas abordagens têm se mostrado ineficientes no manejo da leprose (Rodrigues et al., 2003; Andrade et al., 2013a).

O manejo da doença é pautado exclusivamente no controle do vetor, *B. yothersi*, por meio do uso de acaricidas sintéticos, especialmente no estado de São Paulo (Andrade et al., 2010a, 2018; Della Vechia et al., 2018). Os equipamentos utilizados para pulverização e os volumes de calda empregados para o controle do ácaro passaram por um processo de otimização. Na década de 90, as pulverizações eram realizadas com pistolas de corte ou de jato contínuo, aplicando-se até 40L de calda por planta. Esse alto volume se justifica pelo fato de que, ao utilizar equipamentos do tipo pistola, quanto maior o volume aplicado, melhor será a distribuição do produto na planta (Oliveira et al., 1998, 2001).

Desde a década de 2000 até o ano atual (2025), a utilização de turbopulverizadores (unilaterais e/ou bilaterais) visando ao aumento da eficiência operacional e à redução de custos, promovendo sustentabilidade ambiental, é realizada nos pomares cítricos no Brasil. Esses equipamentos garantem uma melhor penetração, distribuição e cobertura da calda aplicada no interior da copa das plantas. Para um controle adequado do ácaro da leprose, a pulverização deve alcançar uma cobertura mínima de 40% do interior da planta, ser realizada a uma velocidade inferior a 3 km/h, utilizando bicos que produzam gotas entre 100 e 200 μm de diâmetro médio volumétrico (Bassanezi, 2018).

Entretanto, apesar do desenvolvimento de tais tecnologias, falhas no controle do ácaro da leprose ainda são frequentes, e várias causas têm sido apontadas, incluindo a seleção de populações resistentes aos acaricidas (Campos e Omoto, 2002; Rocha et al., 2021), falhas no monitoramento do ácaro-vetor (Lopes et al., 2007;

Bassanezi et al., 2018), misturas em tanque (Della Vechia et al., 2018), o adensamento dos pomares que dificulta o controle do vetor e favorece a propagação dos ácaros (Girardi et al., 2021), secas prolongadas que favorecem as populações de ácaros (Amaral et al., 2018) e falhas na tecnologia de aplicação (Ramos et al., 2007; Bassanezi et al., 2019).

No cinturão citrícola brasileiro, as aplicações de acaricidas para controle do ácaro da leprose são tradicionalmente feitas com alto volume de calda (Oliveira et al., 1998; Ferreira, 2003; Pinho, 2021). Nas décadas de 1980 e 1990, as aplicações atingiam mais de 20.000 litros de calda por hectare, mesmo o excesso de calda resultando em escorrimento, desperdício de produto e aumento do impacto ambiental, sem necessariamente melhorar a deposição no alvo biológico.

Embora os volumes de calda utilizados atualmente ainda sejam elevados em comparação a outras pragas da cultura, houve uma redução nos últimos anos (Bazzo, 2016; Scapin e Ramos, 2017; Sichieri, 2018). Recomenda-se que turbopulverizadores de arrasto com assistência de ar sejam calibrados para produzir gotas com diâmetro médio volumétrico entre 100 e 200 μm e cobertura acima de 40% (Scapin e Ramos, 2017).

É importante ressaltar que o volume de calda não deve ser o ponto de partida para a regulagem dos equipamentos de pulverização; a regulagem deve ser baseada na aplicação do acaricida na quantidade necessária e de forma econômica (Matuo, 1990; Matthews, 2002). No entanto, a evolução lenta da tecnologia dos equipamentos de pulverização na citricultura, a complexidade dos fatores relacionados às plantas cítricas (estádio fenológico, arquitetura e folhagem densa), o comportamento da praga e o aumento da disseminação da leprose têm levado os citricultores a aumentar os volumes de calda para proporcionar um controle mais prolongado do ácaro-vetor.

Ademais, há poucos trabalhos na literatura que avaliam a tecnologia de aplicação em citros, considerando também os efeitos sobre o alvo biológico (ácaro-vetor) a médio e longo prazo (Oliveira, 1998; Bazzo, 2016; Sichieri, 2018; Pinho, 2021). A maioria dos estudos disponíveis concentra-se principalmente na deposição e cobertura proporcionadas pela pulverização. Diante desse cenário, torna-se evidente

a necessidade de pesquisas que avaliem a interação entre volumes de calda, equipamentos de pulverização e a bioecologia do ácaro da leprose.

Portanto, este estudo busca preencher essa lacuna, investigando como diferentes volumes de calda influenciam não apenas a cobertura foliar, mas também o controle e a distribuição do ácaro da leprose nos pomares de citros.

2. OBJETIVOS

- **Objetivo geral**

Avaliar a influência diferentes volumes de calda no controle e distribuição espacial de *Brevipalpus yothersi* na cultura do citros.

- **Objetivos específicos**

Avaliar a distribuição de *Brevipalpus yothersi* em citros.

Avaliar a queda de frutos devido a leprose do citros.

Avaliar o emprego de diferentes volumes de calda para o controle de *Brevipalpus yothersi* em baixa e alta infestação em plantas de idades distintas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

- **3.1. Ácaro da leprose, *Brevipalpus yothersi* (aspectos biológicos e distribuição)**

O ácaro da leprose, *Brevipalpus yothersi*, antes identificado por *Brevipalpus phoenicis* (Beard et. al, 2015, Mineiro et. al 2015), é encontrado em todos os estados produtores de citros no Brasil (Rodrigues e Oliveira, 2005; Mendonça e Silva, 2006). Possui capacidade para infestar cercas-vivas e quebra-ventos presentes ao redor dos pomares (Ulian e Oliveira, 2002; Maia e Oliveira, 2004;. Miranda et al., 2017), plantas invasoras que desenvolvem nas áreas adjacentes e no interior dos pomares (Andrade et al., 2012), além de outras frutíferas como lichia, maracujá, acerola, carambola, amora e seriguela (Mineiro et al., 2015).

O ciclo biológico de *B. yothersi* é composto por quatro estágios ativos (larva, protoninfa, deutoninfa e adulto) e quatro imóveis (ovo, protocrisálida, deutocrisálida e telocrisálida). Os estágios imóveis são fisiologicamente ativos e ocorrem entre os

estágios ativos (Rodrigues et al., 2003). O ciclo completo sobre frutos de citros é de 14,4 dias a 30°C e de 17,6 criados sobre folhas (Chiavegato, 1986).

As fêmeas possuem corpo ovalado, e no geral são maiores que os machos. Os machos além de menores, são mais raros que as fêmeas, representando menos de 2% a população no campo. Embora, ocorra reprodução sexuada e assexuada, o tipo de reprodução predominante nessa espécie é a partenogênese telitoca, onde fêmea da origem a novas fêmeas (Weeks et al., 2001).

Todas as fases biológicas do ácaro da leprose são capazes de transmitir o vírus da leprose do citros. A aquisição do vírus ocorre através da ingestão de partículas virais presentes em tecidos infectados. Uma vez infectados, a interação vírus x hospedeiro é do tipo circulativa, não ocorrendo reprodução do vírus no corpo do hospedeiro (Kitajima et al., 2006 e 2010, Nicolini et al., 2007). Além disso, não há transmissão transovariana entre os espécimes (Novelli et al., 2005). Devido a estes motivos, a fase adulta é a que representa maior perigo devido a sua capacidade de dispersão.

A fêmea realiza postura em locais protegidos, principalmente nos frutos de citros com lesões de verrugose (Albuquerque et al., 1995 e 1997). Aliás, frutos que apresentam lesões de verrugose são buscados para abrigo e desenvolvimento (Martineli et al., 1976, Chiavegato, 1995). Bazzo (2016) verificou que frutos desenvolvidos próximos a maturação, também são locais preferidos para o ácaro da leprose.

É possível observar o ácaro *B. phoenicis* em plantas cítricas durante todo o ano, contudo é nos meses mais quentes e com período de estiagem prolongado que atinge os índices populacionais mais elevados (Mendez-Mendez et al., 2012). Adicionalmente, as populações de *B. yothersi* podem aumentar exponencialmente com o aumento das temperaturas provocado pelas alterações climáticas (Roda et al., 2022). No Brasil, tanto o ácaro da leprose quanto a leprose do citros ocorrem predominantemente nas regiões norte e noroeste do estado de São Paulo, enquanto na região sul do estado, a incidência da leprose dos citros é reduzida, atribuindo-se assim às diferença nos fatores climáticos (Bassanezi, 2002).

Diversos fatores podem interferir no desenvolvimento de *Brevipalpus* spp. tais como: variedade cítrica (Rodrigues, 2000); estresse hídrico (Souza et al., 2002, Andrade et al., 2013); temperatura e umidade relativa do ar (Laranjeira et al., 2015); verrugose (Albuquerque et al., 1995); colheita antecipada e total dos frutos (Oliveira, 1986); o controle químico (Bassanezi et al., 2014) e entre outras.

Embora seja o agente causal da leprose do citros, o ácaro da leprose não possui uma distribuição espacial similar ao da leprose do citros. Enquanto a leprose do citros possui distribuição espacial de padrão agregado (Franciscon et al., 2008, Oliveira, 2016) o padrão de distribuição espacial do ácaro da leprose não possui boa confiabilidade para determinação da distribuição, embora alguns trabalhos apresentaram uma distribuição espacial de padrão aleatória. Logo torna-se imprescindível, estudos que identifiquem o padrão de distribuição de uma praga de tamanha importância para a citricultura.

• 3.2. Manejo do ácaro da leprose

O manejo do ácaro da leprose do citros abrange uma gama de estratégias para evitar a presença do ácaro nos pomares, como a utilização de mudas livres do ácaro e da doença, remoção de ramos sintomáticos, a utilização de cercas vivas e quebra-ventos com plantas que não são hospedeiras de ácaros e vírus, e o controle das plantas daninhas hospedeiras do ácaro e do vírus (Bastianel et al., 2010; Andrade et al., 2013b; Miranda et al., 2017).

A ocorrência do ácaro da leprose no estado de São Paulo se dá durante o todo ano, sendo comumente encontrado nos meses de menores pluviosidade, coincidindo com a incidência de estresse hídrico nas plantas de citros. A detecção do ácaro da leprose ocorre por meio do processo de amostragem que ocorre quinzenalmente ou mensalmente, inspecionando principalmente frutos e ramos. O processo de amostragem é baseado na porcentagem de órgãos vegetais inspecionados com presença do ácaro, gerando a porcentagem de infestação no talhão que por sua vez é o indicativo de controle para o citricultor.

Os critérios adotados para esses níveis de controle dependem, sobretudo, da experiência do citricultor e de sua tolerância ao risco. Embora, por ser um ácaro vetor, porcentagens de frutos com pelo menos um ácaro indica a necessidade de controle. Na década de 90 e início dos anos 2000 diversos estudos indicavam diferentes níveis de controle variando desde 2 a 15 % (Nascimento et al., 1982, CATI, 1997, Rossetti et al., 1997, Busoli, 1995; Fundecitrus, 1999 e Gravena, 2000, 2002, 2005).

A principal estratégia utilizada para reduzir e ou eliminar infestações dos ácaros que podem causar danos significativos às plantas cultivadas em ambientes agrícolas é através da aplicação de acaricidas químicos. No mercado há diferentes tipos de acaricidas disponíveis, com diferentes modos de ação e espectros de controle, no entanto em baixa quantidade (Agrofit, 2023). Essa estratégia é utilizada pelos produtores para controlar a população do ácaro e consequentemente impedir a dispersão da doença no pomar (Andrade et al., 2010b; Carvalho et al., 2014; Della Vechia et al., 2018). Salienta-se que tal estratégia é fundamentada no monitoramento periódico e criterioso da população do ácaro nos pomares de citros, onde após o monitoramento for obtido o nível de ação adotado pelo produtor é realizado o controle do ácaro.

Além disso, embora já ocorresse dentro do cenário da citricultura, o controle biológico, considerado uma ferramenta de controle, apresentou uma crescente adoção devido ao desenvolvimento do mercado de biológicos, onde tem sido buscado novas tecnologias para o controle do ácaro da leprose. Conceschi (2017) verificou que, em experimentos de campo, nas parcelas tratadas com *Cordyceps javanica* ESALQ1296 os picos populacionais do ácaro foram 2,16 vezes inferiores nas parcelas tratadas com o inseticida, além de não influenciar nas populações de inimigos naturais.

• 3.3. Evolução/Histórico dos equipamentos de pulverização

As recomendações de produtos fitossanitários são, geralmente, baseadas na concentração do produto com relação ao volume de calda a ser aplicado. A classificação do volume de calda aplicado varia de acordo com os tipos das culturas, onde em culturas arbustivas e arbóreas o volume de calda aplicado é determinado por

litros por planta, enquanto em culturas anuais e rasteiras o volume de calda aplicado é determinado por área total, sendo expresso em litros por ha (Contieiro et al, 2018). Ademais, a classificação de volume de calda aplicado varia de acordo com o tipo de cultura como proposto por Matthews (2000) (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação do volume de aplicação (L/ha), proposto por Matthews (2000).

Classes	Volume (L/ha)	
	Culturas anuais	Culturas perenes (arbóreas)
Alto volume	> 600	> 1000
Médio volume	200 – 600	500 – 1000
Baixo volume	50 – 200	200 – 500
Muito baixo volume	5 – 50	50 – 200
Ultra baixo volume	< 5	< 50

Na citricultura, tradicionalmente, utiliza-se a aplicação em volume alto, cuja calda é aplicada além do ponto de escorrimento, com intuito de realizar uma cobertura adequada nas plantas, devido a diversidade de tamanhos e densidade de folhas, ramos e frutos (Camargo e Silva, 1975; Matuo, 1988; Prates, 1991). Além disso, o alto volume de calda utilizado no controle do ácaro da leprose é, em parte, explicado pelo comportamento da praga, que prefere colonizar e ovipositar em superfícies irregulares de frutos, ramos e folhas, que oferecem abrigo e proteção (Albuquerque et al., 1995). Os ácaros se abrigam principalmente em lesões causadas por verrugose (*Elsinoe fawcettii* Bitanc. e Jenkins), lagarta-minadora-dos-citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae)), cochonilhas e outras injúrias, além de se aproveitarem de grânulos de poeira depositados nas plantas (Chiavegato, 1991; Albuquerque et al., 1995). Além disso, essa espécie apresenta baixa capacidade de movimentação e dispersão em comparação a outros ácaros que ocorrem em citros (Alves et al., 2005). Esses fatores levam os produtores a utilizarem volumes elevados de calda para atingir o ácaro, uma vez que os acaricidas disponíveis no mercado atuam principalmente por contato e/ou ingestão (Della-Vechia et al., 2022).

Até a década de 1990, as pulverizações de acaricidas em pomares adultos eram realizadas com pistola de corte ou de jato contínuo, aplicando-se com alta pressão um alto volume de calda por planta e por hectare, superiores a 20.000 l/ha. Segundo Oliveira et al. (1998, 2001), pulverizações com equipamentos do tipo pistola podem proporcionar uma melhor distribuição na medida que se aumenta o volume aplicado. Atualmente, a utilização desse tipo de equipamento ainda ocorre nos pomares cítricos, no entanto é direcionado para utilização em pomares novos, realizando, principalmente, tratamentos com inseticidas e surround que age como um protetor solar e age contra o psíldeo do citros *Diaphorina citri*.

Nos anos 2000, a utilização de turbopulverizadores, permitiram a colocação de mais pontas de pulverização, nos ramais, capazes de gerar gotas finas (DMV entre 100 e 200 μm), possibilitando uma adequação e redução no volume da calda para o controle do ácaro da leprose (Bazzo, 2016).

Entretanto, o estabelecimento de volumes de pulverização torna-se um desafio conforme o arranjo das plantas de citros apresentam tamanhos variáveis dependendo da idade, cultivar, porta-enxerto, localização e densidade de plantio (Fourie et al., 2009, Van Zyl et al., 2014, Scapin et al., 2015). Com base nessa matriz de complexidade, para maior precisão e menor desperdício de recursos em culturas perenes e arbóreas como macieiras, citros e entre outros, seria melhor que o volume de pulverização fosse baseado no volume de copa (m^3) ou no volume de linha de árvores (TRV - Tree Row Volume) (Gil e Escolà, 2009, Scapin et al., 2015).

Para se obter o TRV, multiplica-se a altura, profundidade da planta e comprimento da linha em hectares (em metros), sendo este último determinado dividindo-se 10.000 m^2 pela distância entre linhas (em metros). Scapin et al. (2015) avaliou pulverizações baseadas em TRV com cobre, onde foi avaliado o controle do cancro cítrico, mostrando que essa metodologia proporcionou controle além de reduzir os custos de pulverização e o uso de água em até 40% e 73%, respectivamente.

Além do controle de pragas e doenças, a eficácia da pulverização pode ser avaliada por meio da cobertura superficial e da deposição de produtos químicos (Albrigo et al., 1997; Schutte et al., 2012). Atualmente a recomendação para que se obtenha um bom controle do ácaro da leprose é de no mínimo 40% de cobertura

superficial na parte interna da copa da planta de citros (Bassanezi, 2019). Além disso, há uma tendência de redução do volume de aplicação, objetivando tornar a prática menos onerosa, através do aumento de capacidade operacional das máquinas, e mais sustentável reduzindo riscos ambientais. Embora, observa-se que em culturas perenes e de porte arbóreo as aplicações dos acaricidas ocorrem com volumes de calda mais elevados quando comparados com culturas anuais e não arbóreas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

- **4.1. Locais de execução dos experimentos**

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Acarologia (AcaroLab) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil (Unesp/FCAV). Os experimentos foram realizados em dois pomares comerciais de laranja doce, sendo o primeiro experimento realizado na Fazenda Citrícola pertencente a Grupo Terral, localizado no município de Gavião Peixoto, estado de São Paulo, e o segundo experimento realizado no Pomar pertencente ao Grupo Yamane, localizado no município de Taquaral, estado de São Paulo.

4.2. EXPERIMENTO 1

- **4.2.1 Caracterização da área de estudo**

Foram selecionados dois talhões de citros de laranjeira doce ‘Pera’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertada sobre Citrumelo Swingle [*Citrus paradisi* X *Poncirus trifoliata* Swingle] em pomares de plena produção, com oito anos de idade, aproximadamente 17 mil plantas e área 25 ha. As plantas apresentavam aproximadamente 40 m³ de copa.

Um talhão foi caracterizado como “alta infestação T14”, enquanto o outro talhão foi caracterizado como “baixa infestação (T15)” de acordo com o histórico da área pela infestação do ácaro da leprose. Antes da instalação do experimento, o talhão de alta infestação apresentou 21% de infestação de ácaro da leprose, enquanto o talhão de

baixa infestação apresentou 2% de infestação. A porcentagem de infestação foi obtida através da seguinte fórmula:

$$\text{Infestação} = \frac{\text{Número de órgãos amostrados}}{\text{Número de órgãos infestados}} \times 100$$

Além disso, para determinação da porcentagem de infestação de ácaro da leprose no talhão é amostrada somente 1% das plantas do talhão.

- **4.2.2. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. Os talhões foram divididos em duas parcelas, de modo a possibilitar a utilização dos tratamentos para o controle do ácaro da leprose baseados em dois volumes de calda, sendo volume de 100 ml.m⁻³ de copa e 200 ml.m⁻³ de copa. Sendo o primeiro utilizado como padrão produtor e o segundo como pesquisa. Portanto, cada talhão foi constituído por duas parcelas.

Após a seleção e divisão dos talhões, foi confeccionada uma malha de grade nos talhões com auxílio do software QGIS (QGIS Development Team, 2020) (Figura 1), de modo que cada parcela seja constituída por 60 quadrantes.

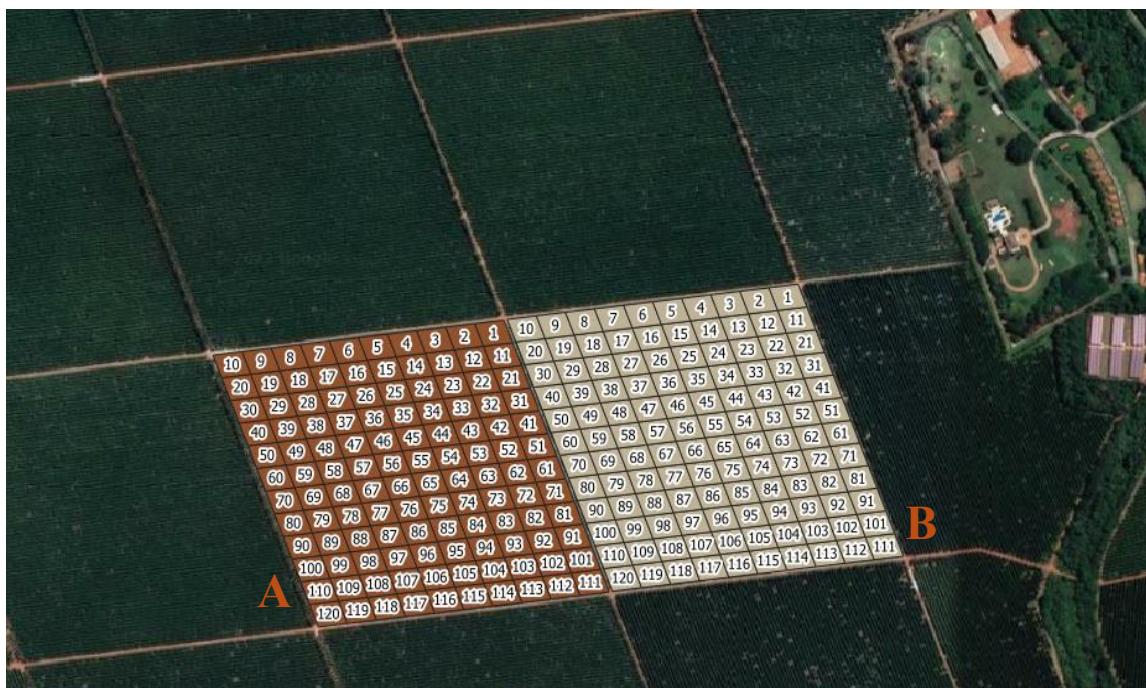


Figura 1 – Croqui experimental, QGIS. A- Talhão caracterizado pela baixa incidência do ácaro da leprose. Quadrantes de 1-60 indicam utilização do volume de calda de 100 ml.m^{-3} de copa; Quadrantes de 61-119 indicam a utilização do volume de calda de 200 ml.m^{-3} de copa. B- Talhão caracterizado pela alta incidência do ácaro da leprose. Quadrantes de 1-60 indicam utilização do volume de calda de 100 ml.m^{-3} de copa; Quadrantes de 61-120 indicam a utilização do volume de calda de 200 ml.m^{-3} de copa.

• 4.2.3. Flutuação populacional e determinação de infestação de *B. yothersi*

As avaliações de *B. yothersi* ocorreram mensalmente. Foram realizadas avaliações antes (prévia) e após as aplicações dos tratamentos durante o período de condução do experimento. Para isso, foram avaliadas de uma a duas plantas por parcela útil, coletando-se no total cinco frutos por parcela. Quando na ausência de frutos, foram coletados cinco ramos. Portanto, totalizou-se 300 unidades amostrais por tratamento. Foram coletados preferencialmente os frutos localizados no interior da copa das plantas e que continham presença de verrugose (Martinelli et al., 1976). Além disso, quanto aos ramos, foram coletados preferencialmente ramos em início de suberificação, com aproximadamente 25 cm de comprimento, desprezando-se as brotações (Pattaro, 2003). As amostras coletadas foram colocadas em saco de papel

kraft devidamente identificado, acondicionados em caixa de isopor e transferidos para o AcaroLab (Laboratório de Acarologia) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP.

Com o auxílio de um estereomicroscópio foi realizada a contabilização do número de ácaros, inspecionando toda a superfície dos ramos e frutos coletados. Para a determinação do nível de infestação, considerou-se infestado os frutos e ramos que apresentavam pelo menos um ácaro em qualquer fase de desenvolvimento (imaturos e adultos), exceto na fase ovos. As avaliações foram realizadas nos dias 06 de abril de 2020 (avaliação prévia), 20 de maio de 2020, 17 de junho de 2020, 26 de julho de 2020, 27 de agosto de 2020, 23 de setembro de 2020, 29 de outubro de 2020, 27 de novembro de 2020, 06 de janeiro de 2021, 25 de fevereiro de 2021, 22 de março de 2021, 21 de abril de 2021, 19 de maio de 2021, 08 de junho de 2021, 28 de julho de 2021, 31 de agosto de 2021, 28 de setembro de 2021, 20 de outubro de 2021, 28 de novembro de 2021, 25 de janeiro de 2022, 16 de fevereiro de 2022, 28 de março de 2022, 14 de abril de 2022, 09 de maio de 2022, 30 de junho de 2022, 14 de julho de 2022 e 06 de setembro de 2022.

• 4.2.4. Avaliação de cobertura

Para determinação da cobertura superficial da pulverização de acordo com o volumes de calda adotadas, foram utilizados papéis hidrossensíveis (76X26 mm Syngenta, SYN7626). Foram predispostos 3 papéis hidrossensíveis na parte interior da planta de laranja nos terços superior, médio e inferior, sendo fixados em um suporte em PVC em sete plantas por tratamento (Figura 2). Logo após as pulverizações, os papéis hidrossensíveis foram levados ao laboratório para serem digitalizados por escâner de mesa, possibilitando a quantificação do percentual de área coberta pelas gotas em relação a área total do papel e o tamanho de gotas representado pelo diâmetro de gotas (μm) em que 10, 50 e 90% do volume pulverizado foi medido e representado por valores de DV01, DV05 e DV09 com auxílio do software Gotas (Chaim et al., 2006).



Figura 2 – Suporte em PVC (2 metros) utilizado para posicionamento dos papéis hidrossensíveis no interior das plantas de laranja, a fim de se obter a cobertura dos volumes aplicados nos tratamentos (100 e 200 mL.m⁻³).

- **4.2.5. Avaliação da deposição de calda**

Para realização da avaliação da deposição de calda sobre as plantas de citros, foi adicionado sulfato de cobre à calda de pulverização na dose de 300 g/100 L de água. Foram amostrados cinco pontos nas plantas de laranjeira, onde foram recolhidas duas folhas de laranja em cada ponto amostrado, totalizando 10 folhas por planta. As folhas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Os pontos foram dispostos nas regiões central, laterais, apical e basal de cada planta, a fim de garantir padronização nas amostras.

Posteriormente, os sacos plásticos contendo as folhas receberam um tratamento de 150 mL da solução HCl 0,2 N durante 60 minutos em condições ambientes, imersos para que ocorra a dissolução dos sais aplicados. Após este período realizou-se a filtração do extrato para a quantificação do íon metálico (Mn²⁺) recuperado. A quantificação foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica.

• 4.2.6. Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos foram aplicados com um pulverizador de arrasto tratorizado modelo Arbus 4000 (Jacto do Brasil SA, Pompéia, Brasil), ventilador axial, unilateral, barra de pulverização vertical assistida a ar com barra de 26 bicos linha Disc & Amp; Core, ponta AD3/difusor AC45, bomba com vazão de 150 L por minuto a 540 RPM na tomada de potência (TDP), tracionado por um trator MF-283 (figura 3). O volume de calda de 100 ml.m⁻³ de copa foi obtido utilizando uma velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador de 2,2 km.h⁻¹, uma pressão de trabalho de 100 psi e um fluxo por bico de 1,1 L.min⁻¹, enquanto o volume de calda de 200 ml.m⁻³ foi obtido a uma velocidade de 1,8 km.h⁻¹, uma pressão de 200 psi e um fluxo por bico de 1,7 L.min⁻¹.

As pulverizações foram realizadas de forma simultânea sempre que os níveis de controle foram atingidos para cada Talhão estudado, respeitando-se os volumes empregados como tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Pulverizações de acaricidas realizadas para o controle de *Brevipalpus yothersi*.

Data	Tratamentos	Produtos fitossanitários	Dose (p.c./2000L)
15/04/2020	Talhões 14 e 15	Espirodiclofeno	0,4 L
11/08/2020	Talhão 14	Ciflumetofem	0,8 L
28/05/2021	Talhão 15	Ciflumetofem	0,8 L
15/06/2021	Talhão 14	Propargito	2 L
27/04/2022	Talhões 14 e 15	Espirodiclofeno	0,4 L

Os acaricidas utilizados no experimento seguiram a recomendação de rotação de ingredientes ativos. Foram utilizados os seguintes acaricidas: ciflumetofem (Obny® 200 SC, UPL do Brasil), propargito (Omite® 720 EC, UPL do Brasil), espirodiclofeno (Envidor® 240 Gowan). Todos os acaricidas são recomendados para o controle do ácaro da leprose (Agrofit, 2023).



Figura 3 – Turbopulverizador Arbus4000, unilateral. Calibração para pulverização.

O nível de controle de 3,0% (porcentagem de frutos ou ramos com ácaros) foi adotado para todas as aplicações de acaricidas (Tabela 2). Este nível de controle de foi adotado de acordo com o controle já utilizado pelo produtor. Para isso, a porcentagem de infestação do ácaro da leprose foi avaliado em cada parcela.

- **4.2.7. Análise de dados**

Os dados obtidos foram transformados em $\sqrt{(X + K)}$, onde X são os dados e K = 1, e foram submetidos aos testes de normalidade dos erros (Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (Levene), ambos a nível de 5% de significância. Os resultados cobertura superficial e depósito de calda fitossanitária, foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Scott-

Knott ($p < 0,05$). As análises foram realizadas com auxílio do programa computacional AgroEstat (Barbosa e Maldonado, 2013).

O índice de dispersão para os dados foi utilizado na abordagem de padrão de pontos. Um teste qui-quadrado foi realizado para testar a hipótese nula de que o índice de dispersão é igual a 1. A Análise Espacial por Índices de Distância (SADIE) foi o método escolhido na abordagem baseada em geoestatística. O método SADIE utiliza a localização das unidades amostrais (quadrantes) e o número de indivíduos (presença do ácaro da leprose) dentro da unidade para analisar o arranjo espacial pelo critério de distância à regularidade (D_r). O valor de D_r é alcançado quando todas as unidades amostrais têm o mesmo número de indivíduos. O SADIE retorna um índice de agregação geral (I_a), que reflete a razão entre a distância percorrida para atingir um padrão regular nos dados observados e uma média teórica de regularidade com base em permutações aleatórias. O índice desenvolvido por Li et al. (2012) foi calculado pela função SADIE do pacote *epiphy* (Gigot, 2018). Um padrão aleatório é inferido quando os índices de dispersão D e de agregação SADIE (I_a) são iguais a 1, um padrão agregado quando são maiores que 1, e uniforme quando inferiores a 1. A análise foi realizada através do software estatístico R®, na versão 3.4.4.

Além disso os dados da incidência do ácaro da leprose e tempo (intervalos entre as pulverizações realizadas para o controle do ácaro) foram tratados como variáveis dependentes em um modelo binomial negativo com inflação de zeros para uma interação bidirecional de variáveis independentes. Para análise do modelo foi utilizado o pacote MASS (Venables e Ripley, 2002). Esse modelo combina uma distribuição binomial negativa para modelar as contagens dos dados observados. Além disso, os efeitos de tratamento e tempo foram incluídos no componente de contagem, e o intercepto foi incluído no componente de inflação de zeros. A análise foi realizada através do software estatístico R, na versão 3.4.4.

4.3. EXPERIMENTO 2

• 4.3.1. Caracterização da área do estudo

Foi selecionado um pomar de laranja doce 'Valência' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertada sobre Citrumelo Swingle (*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x

Poncirus trifoliata (L.) Raf.) com 15 anos de idade (plântio em 2005), cultivado num espaçamento de 6 metros entre linhas e 2,2 metros entre plantas, localizado no município de Taquaral, São Paulo, Brasil (-21°02'15"S, -48°23'52"W) (Figura 4). Este pomar foi selecionado devido à presença do ácaro *B. yothersi* em alta infestação e por possuir plantas com sintomas da leprose dos citros (citrus leprosis virus – C).



Figura 4 – Localização da área de estudo no município de Taquaral – SP.

• 4.3.2. Delineamento experimental

O experimento foi instalado em dezembro de 2020 e conduzido até junho de 2022. Foi adotado o delineamento de blocos casualizados com dois (2) tratamentos e seis (6) blocos com quatro (4) repetições dentro dos blocos. Os tratamentos foram compostos por dois volumes de calda, 100 e 180 mL.m⁻³ de copa de planta (Figura 5). Cada bloco foi constituído por quatro repetições, cada repetição foi composta por três linhas de plantio paralelas com 13 plantas por linha, totalizando 39 plantas por repetição. Entretanto, somente a linha central foi caracterizada como parcela útil, sendo as duas linhas laterais utilizadas caracterizadas como bordaduras.

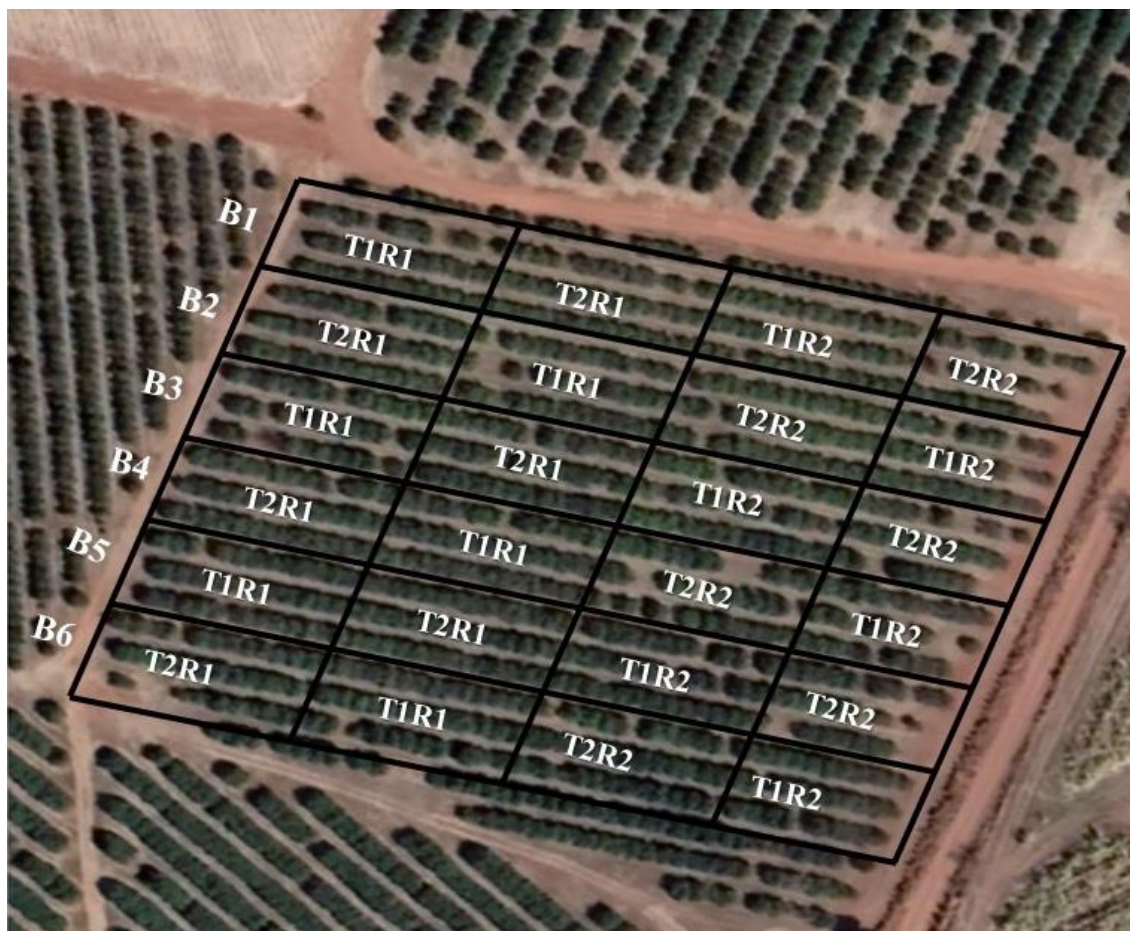


Figura 5 – Delineamento experimental adotado na área de estudo. T1 - 100 ml.m⁻³ de copa de planta, T2 - 180 ml.m⁻³ de copa de planta.

• 4.3.3. Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos foram aplicados com um pulverizador de arrasto tratorizado com assistência de ar, bilateral, modelo Arbus 4000 (Jacto do Brasil SA, Pompéia, Brasil), equipado com bicos linha Disc & Amp; Core, ponta AD3/difusor AC45, tracionado por um trator MF-283. O volume de calda de 100 ml.m⁻³ de copa foi obtido utilizando uma velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador de 2,2 km.h⁻¹, uma pressão de trabalho de 100 psi e um fluxo por bico de 1,1 L.min⁻¹, enquanto o volume de calda de 180 ml.m⁻³ foi obtido a uma velocidade de 1,8 km.h⁻¹, uma pressão de 200 psi e um fluxo por bico de 1,6 L.min⁻¹.

As pulverizações foram realizadas sempre que os níveis de controle foram atingidos (Tabela 3). Por se tratar de um talhão de pomar comercial e do receio do

produtor, as pulverizações ocorreram de forma simultânea, garantindo assim a pulverização por completo do talhão respeitando os tratamentos determinados.

Tabela 3 – Pulverizações de acaricidas realizadas para o controle de *Brevipalpus yothersi*.

Data	Produtos utilizados	Dose (p.c./2000L)
18/12/2020	Ciflumetofem	0,8 L
21/06/2021	Propargito	2 L
2/10/2022	Espirodiclofeno	0,4 L
09/12/2022	Ciflumetofem	0,8 L
06/04/2023	Espirodiclofeno	0,4 L
23/05/2023	Propargito + Hexitiazoxi	2 L + 0,060 Kg
06/07/2023	Ciflumetofem	0,8 L

O nível de controle de 1,0% (porcentagem de frutos ou ramos com ácaros) foi adotado para todas as aplicações de acaricidas (Tabela 3). Este nível de controle de foi adotado de acordo com o controle já utilizado pelo agricultor. Para isso, a porcentagem de infestação do ácaro da leprose foi avaliado em cada parcela.

Os acaricidas utilizados no experimento seguiram a recomendação de rotação de ingredientes ativos. Foram utilizados os seguintes acaricidas: ciflumetofem (Okay® Iharabras S.A. Indústrias Químicas), ciflumetofem (Obny® 200 SC, UPL do Brasil), propargito (Omite® 720 EC, UPL do Brasil), espirodiclofeno (Predador® 240 SC, Helm), espirodiclofeno (Envidor® 240 Gowan) e hexitiazoxi (Viriato® 500 WP, Ascenza). Todos os acaricidas são recomendados para o controle do ácaro da leprose (Agrofit, 2023).

- **4.3.4. Flutuação populacional e determinação de infestação de *B. yothersi***

As avaliações de *B. yothersi* ocorreram quinzenalmente. Foram realizadas avaliações antes (prévia) e após as aplicações dos tratamentos durante o período de condução do experimento. Para isso, foram avaliadas três plantas da parcela útil, coletando-se três frutos e três ramos por planta, perfazendo 18 unidades amostrais por parcela. Foram coletados preferencialmente os frutos localizados no interior da copa das plantas e que continham presença de verrugose (Martinelli et al., 1976). Além disso, foram coletados preferencialmente ramos em início de suberificação, com aproximadamente 25 cm de comprimento, desprezando-se as brotações (Pattaro, 2003). As amostras coletadas foram colocadas em saco de papel kraft devidamente identificado, acondicionados em caixa de isopor e transferidos para o AcaroLab (Laboratório de Acarologia) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP.

Com o auxílio de um estereomicroscópio foi realizada a contabilização do número de ácaros, inspecionando toda a superfície dos ramos e frutos coletados. Para a determinação do nível de infestação, considerou-se infestado os frutos e ramos que apresentavam pelo menos um ácaro em qualquer fase de desenvolvimento (imaturos e adultos), exceto na fase ovos. As avaliações foram realizadas nos dias 09 de dezembro de 2020, 25 de janeiro de 2021, 12 de fevereiro de 2021, 09 e 24 de março de 2021, 13 de abril de 2021, 05 de maio de 2021, 04 de junho de 2021, 08 e 26 de julho de 2021, 13 de agosto de 2021, 15 de setembro de 2021, 08 e 23 de outubro de 2021, 19 de novembro de 2021, 05 de dezembro de 2021, 07 e 21 de janeiro de 2022, 07 e 22 de fevereiro de 2022, 09 e 21 de março de 2022, 03 e 28 de abril de 2022, 13 de maio de 2022, 13 de junho de 2022 e 06 de julho de 2022.

- **4.3.5. Análises dos dados**

Os dados da soma da infestação, número de ácaro da leprose e da queda de frutos devido à leprose, foram coletados por parcela e por tratamento em cada avaliação, foram transformados usando $\ln(x + 5)$. Os dados transformados foram então submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o teste F. Em seguida, as médias foram comparadas usando o teste t de Student a 5% de probabilidade. As

análises foram realizadas com auxílio do programa computacional AgroEstat (Barbosa e Maldonado, 2013).

Para analisar o progresso temporal da abundância de *B. yothersi* ao longo do tempo de cada parcela foi comparado pela área sob a curva de abundância (AUAC) de *B. yothersi*. A AUAC foi determinada pela curva de integração trapezoidal (Malden et al., 2007). Posteriormente as médias foram comparadas pelo teste Welch a 5% de probabilidade. A análise foi realizada através do software estatístico R, na versão 3.4.4, utilizando o pacote “epifitter”.

Os dados de incidência e infestação para a contagem do ácaro da leprose e a porcentagem de órgãos com presença do ácaro da leprose foram tratados como variáveis dependentes em um modelo binomial negativo com inflação de zeros para uma interação bidirecional de variáveis independentes (tratamento x período de avaliação). O modelo com números infláveis a zeros foi utilizado para compensar a quantidade excessiva de zeros e a superdispersão, utilizando o pacote pscl (Jackman, 2020) e a função zeroinfl (Zeileis et al., 2008). Esse modelo combina uma distribuição binomial para modelar a ocorrência excessiva de zeros e uma distribuição binomial negativa para modelar as contagens dos dados observados. Além disso, os efeitos de tratamento e tempo foram incluídos no componente de contagem, e o intercepto foi incluído no componente de inflação de zeros. Interações e efeitos principais significativos foram analisados usando o pacote emmeans com o teste de Bonferroni a $p < 0,05$ para determinar diferenças significativas entre os tratamentos. A análise foi realizada através do software estatístico R, na versão 3.4.4.

5. RESULTADOS

5.1. EXPERIMENTO 1

- **5.1.1. Resultados**

O tratamento de 200 ml.m⁻³ apresentou maior porcentagem de cobertura igual a 75%, enquanto o tratamento de 100 ml.m⁻³ apresentou porcentagem de cobertura próximo aos 70%. Entretanto, pode-se verificar que não se obteve diferença estatística em relação a cobertura da pulverização proporcionada por ambos os tratamentos (Figura 6).

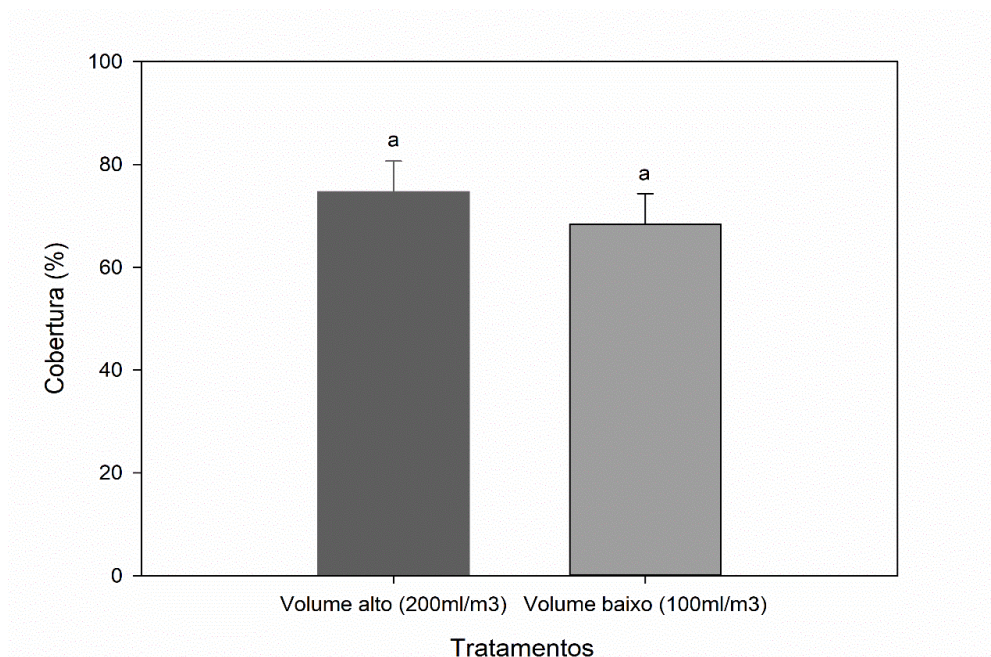


Figura 6 – Porcentagem de cobertura de calda aplicada em função do volume de calda empregado (100 e 200 mL.m⁻³) utilizado para o controle do ácaro da leprose nos terços superior, central e inferior das plantas de laranjeira (safra de 2020/2021).

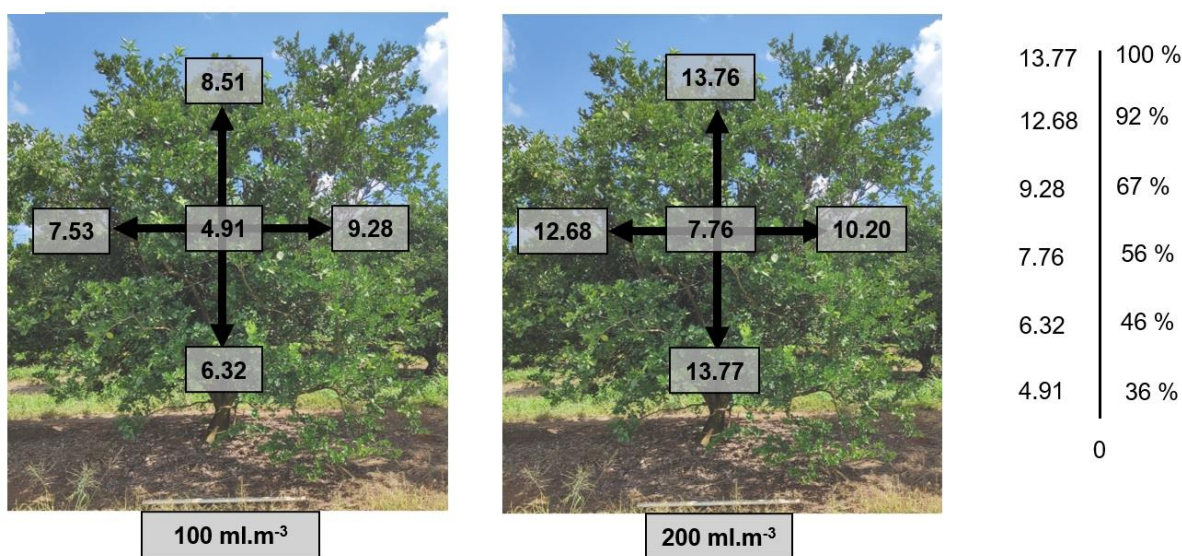
Os maiores valores obtidos para deposição de calda ($\mu\text{g.cm}^{-2}$) foram encontrados no tratamento de maior volume aplicado (200 mL.m⁻³) em todos os terços avaliados, em ambos os tratamentos, diferenciando-se estatisticamente do tratamento de menor volume de calda aplicado (100 mL.m⁻³) (Tabela 4 e Figura 7).

Tabela 4 – Depósito de calda em função do volume de calda empregado (100 e 200 mL.m⁻³) utilizado para o controle do ácaro da leprose, nos terços laterais, superior, inferior e central das plantas de laranjeira.

Terço da planta	Talhão 14 100mL.m⁻³	Talhão 14 200mL.m⁻³	Talhão 15 100mL.m⁻³	Talhão 15 200mL.m⁻³
Lateral esq.	9.28 b	10.2 b	7.97 b	12.63 a
Lateral dir.	7.53 b	12.68 a	9.58 b	12.01 b
Superior	8.51 b	13.76 a	11.17 b	10.65 b
Inferior	6.32 b	13.77 a	9.71 a	11.35 a
Centro	4.91 b	7.76 a	5.16 b	8.34 a

*Letras minúsculas comparam diferenças entre tratamentos dentro de cada terço avaliado (na linha). Comparações seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A



B

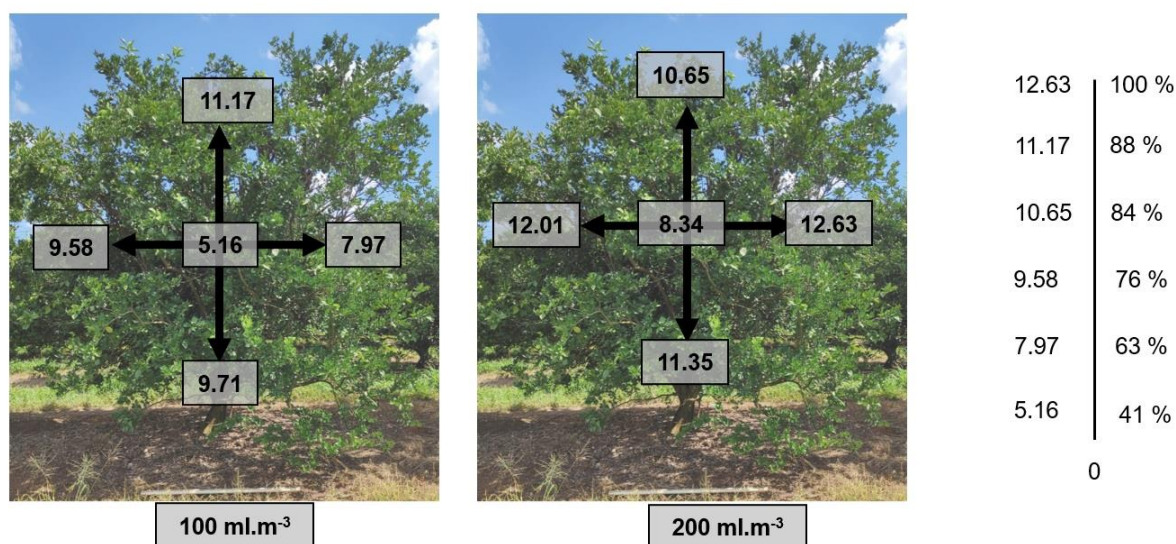


Figura 7 – A- Depósito de calda em função do volume de calda empregado (100 e 200 mL.m⁻³) utilizado para o controle do ácaro da leprose, nos terços laterais, superior, inferior e central das plantas de laranjeira, no talhão 14; **B-** . Depósito de calda em função do volume de calda empregado (100 e 200 mL.m⁻³) utilizado para o controle do ácaro da leprose, nos terços laterais, superior, inferior e central das plantas de laranjeira, no talhão 15.

Os resultados para a análise espacial dos dados de distribuição do ácaro da leprose nos talhões indicaram que a distribuição do ácaro da leprose nas áreas estudadas foi predominantemente aleatória. Apenas um caso específico (Talhão 14 – Alto Volume, 200 ml.m⁻³), no intervalo entre a segunda e terceira aplicação) apresentou um padrão de agregação significativo, conforme evidenciado na Tabela 5.

O desdobramento da análise SADIE para esse mesmo cenário revelou, de forma visual, o padrão de agregação de *B. yothersi* (representado por pontos vermelhos) e de dispersão (representado por pontos azuis) no Talhão 14 - Alto Volume (200 ml.m⁻³) (Figura 8).

Adicionalmente, é possível observar os padrões de distribuição do ácaro da leprose nos talhões estudados, através da interpolação dos dados obtidos na Análise SADIE (Figura 9 e 10).

Tabela 5 – Análise espacial de *B. yothersi* por índices de distância (SADIE) para os tratamentos 200 ml.m⁻³ e 100 ml.m⁻³.

Tratamentos	Tempo	I _a	P _a	Distribuição	Confiabilidade
Talhão 14 - Alto Volume (200 ml.m ⁻³)	Tempo 0	1	0.62	Agregada	Baixa
	Tempo 1	1.1603	0.16	Agregada	Moderada
	Tempo 2	2.2266	2.22e ⁻¹⁶	Agregada	Alta
	Tempo 3	1.2052	0.13	Agregada	Moderada
Talhão 14 - Baixo Volume (100 ml.m ⁻³)	Tempo 0	0.9134	0.58	Aleatória	Baixa
	Tempo 1	0.7278	0.96	Aleatória	Baixa
	Tempo 2	NaN	2.22e ⁻¹⁶	--	--
	Tempo 3	0.7862	0.87	Aleatória	Baixa
Talhão 15 - Alto Volume (200 ml.m ⁻³)	Tempo 0	1.2114	0.13	Agregada	Moderada
	Tempo 1	0.8514	0.8	Aleatória	Baixa
	Tempo 2	0.8961	0.59	Aleatória	Baixa
Talhão 15 - Baixo Volume (100 ml.m ⁻³)	Tempo 0	0.6142	0.37	Aleatória	Baixa
	Tempo 1	0.1187	0.93	Aleatória	Baixa
	Tempo 2	0.2685	0.91	Aleatória	Baixa

*I_a é o índice de agregação. P_a é o valor de p de I_a. Tempo 0 – Intervalo entre a avaliação prévia e primeira pulverização; Tempo 1 – Intervalo entre a primeira e a segunda pulverização; Tempo 2 – Intervalo entre a segunda e terceira pulverização; Tempo 3 – Intervalo entre terceira e quarta pulverização.

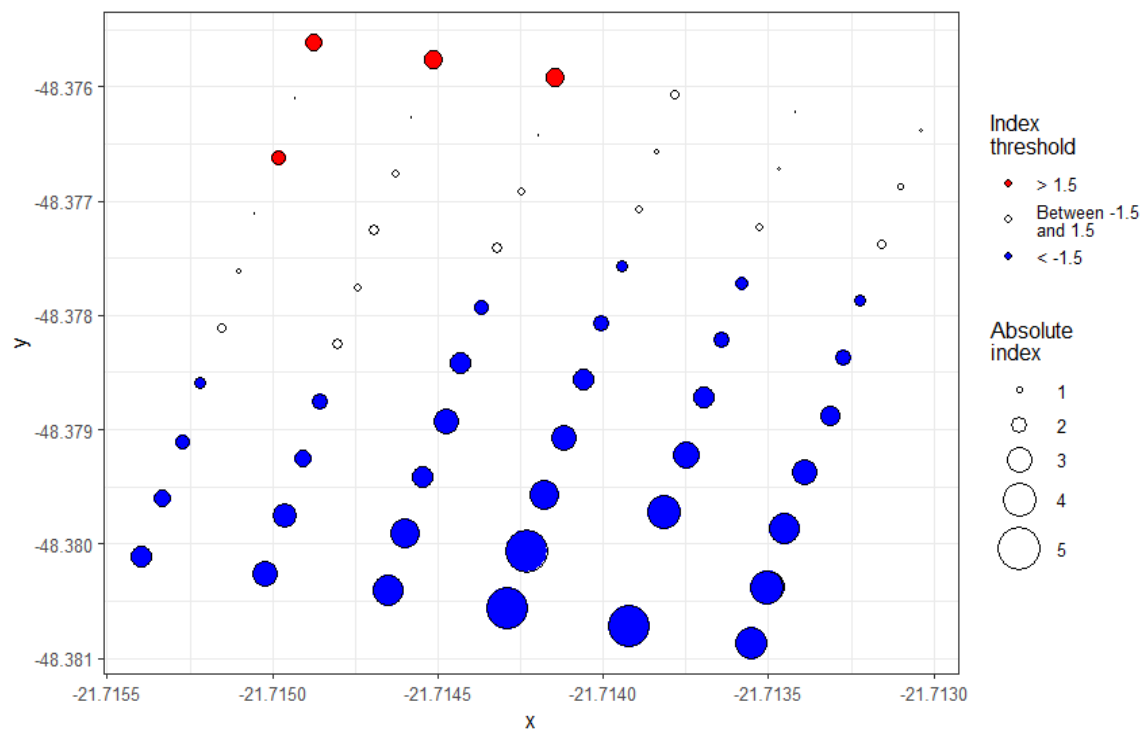


Figura 8 – Gráfico de pontos obtidos através da análise SADIE. Os pontos vermelhos são clusters de agregação (valores $> 1,5$); Pontos azuis são clusters de dispersão que indicam lacunas (valores $< 1,5$).

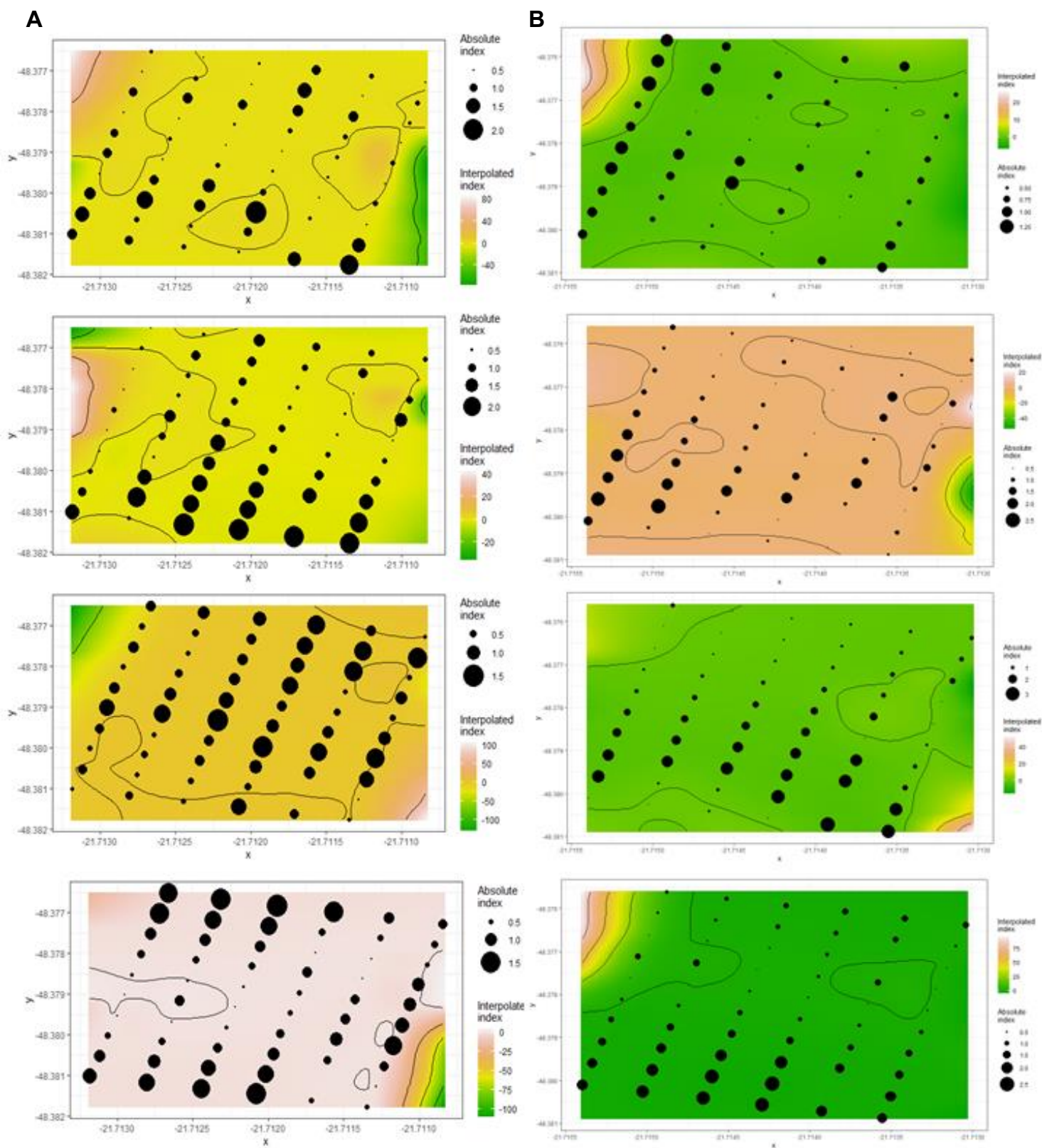


Figura 9 – Distribuição espacial de *Brevipalpus yothersi* em função do volume de calda aplicado, ao longo do tempo, em talhão caracterizado com alta infestação (T14). A. 100 ml.m⁻³ ; B. 200 ml.m⁻³.

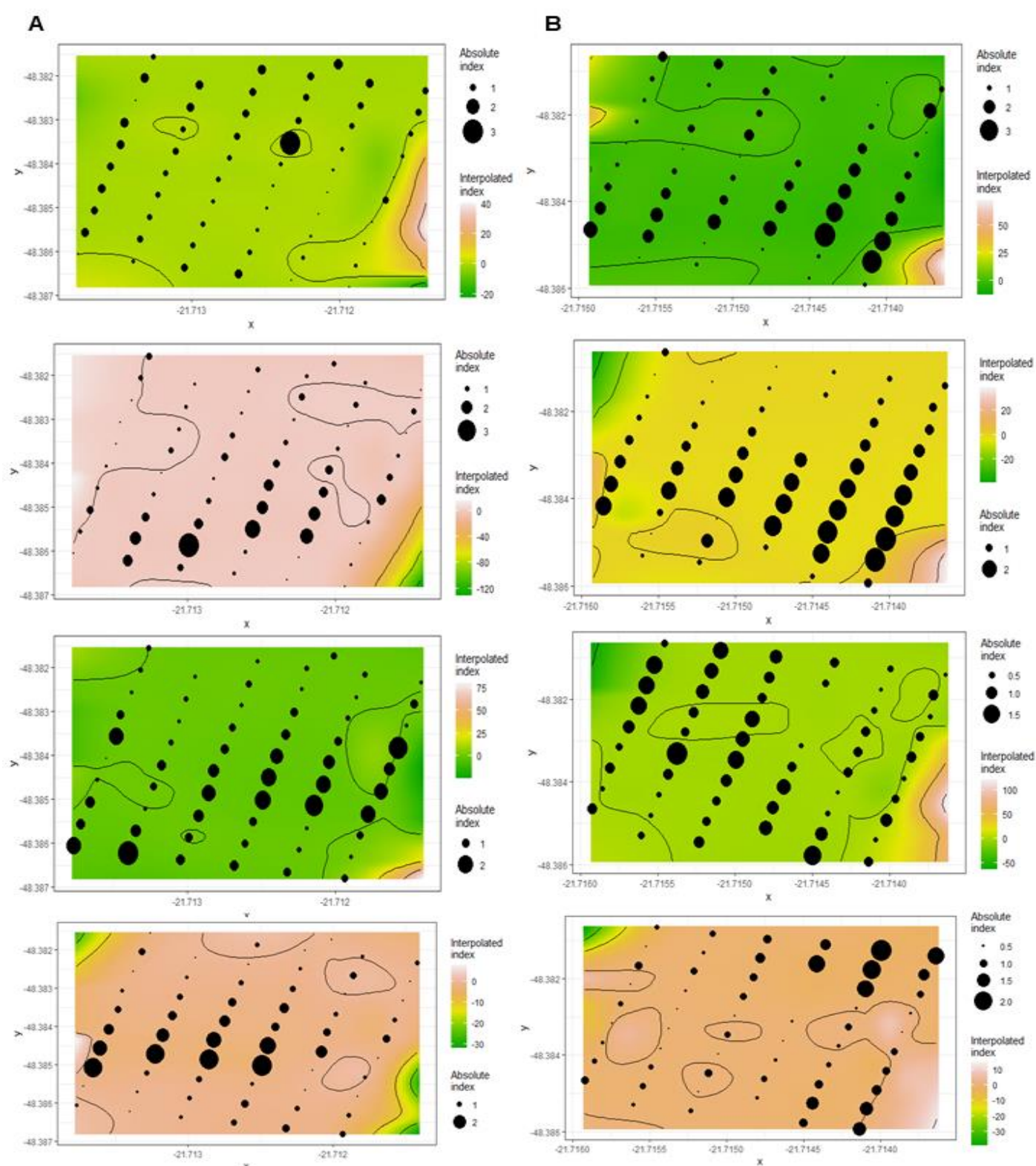


Figura 10 – Distribuição espacial de *Brevipalpus yothersi* em função do volume de calda aplicado, ao longo do tempo, em talhão caracterizado com baixa infestação (T15). A. 100 ml.m⁻³ ; B. 200 ml. m⁻³.

Em relação aos dados obtidos através da modelagem utilizando regressão binomial negativa, não foi possível obter diferenças significativas entre os tratamentos (100 e 200 ml.m⁻³) em cada talhão estudado (T14 E T15). No entanto, referente ao talhão 14 – Alto Volume (200 ml.m⁻³), observou-se que a variável y (latitude) teve um efeito significativo sobre a variável resposta i (Estimate = -0,76577, p = 0,00115), enquanto a variável x (longitude) não apresentou significância estatística (Estimate = 0,07685, p = 0,57629). O intercepto foi significativo (Estimate = 3,15999, p = 0,00641), sugerindo uma contagem esperada inicial relevante.

Além disso, o modelo utilizado explicou parte da variação nos dados, como indicado pela redução dos resíduos do desvio (de 41,471 no modelo nulo para 37,931 no modelo ajustado). O critério de akaike (AIC) obtido foi de 185,13, refletindo um ajuste razoável considerando os dados avaliados. O parâmetro de dispersão (Theta = 0,1166, Erro padrão = 0,0325) confirmou a presença de sobredispersão nos dados, justificando o uso do modelo binomial negativo.

• 5.1.2. Discussão

Não foi possível observar diferença significativa ($p > 0.05$) na porcentagem de cobertura proporcionada pelos tratamentos de 100 e 200 ml.m⁻³. Atualmente, uma cobertura interna acima de 40% é recomendada para se obter boa eficácia no controle do ácaro da leprose (Bassanezi, 2019). Embora, ambos tratamentos apresentaram porcentagem de cobertura interna acima de 40%, o maior índice foi obtido no tratamento de maior volume de calda aplicado (200 ml.m⁻³) sendo igual a 75% (Figura 6).

Com relação a deposição de calda nas folhas de laranja, esperava-se que os maiores valores fossem encontrados no tratamento de maior volume aplicado (200 ml.m⁻³), sendo esse padrão observado nos dados onde em todos os terços avaliados (inferior, central, superior, lateral esquerdo e lateral direito) (Tabela 3). Entre todos os terços avaliados, o terço central foi o que apresentou menores índices de depósito de calda, 4.91, 5.16, 7.76 e 8.34 respectivamente para os tratamentos 100 e 200 ml.m⁻³ nos talhões 14 e 15. Tal fato ocorreu devido barreira externa que a copa fornece fazendo com que a maior parte dos produtos aplicados sejam barrados pela camada mais externa da copa das plantas de laranja.

Além disso, outro fator que pode influenciar tanto a cobertura quanto a deposição dos produtos fitossanitários é a forma do arco e o posicionamento dos bicos, em relação à posição e direção da rotação do ventilador, também influenciam a distribuição do líquido pulverizado (Alvarenga et al. 2014). Isto ocorre, porque as gotas produzidas pelo pulverizador são transportadas pelo fluxo de ar (Sotolongo e Herrera 1986), sendo este responsável pela remoção do ar presente internamente nas copas das plantas de laranja e posterior preenchimento com o ar carregado com as gotas de pulverização com consequente deposição dos produtos fitossanitários na parte interna das plantas de laranja.

Adicionalmente, em turboatomizadores bilaterais o lado direito tem um fluxo de ar maior devido ao sentido horário do ventilador (Herrera Prat et al. 2002 e 2013) (Figura 11). Embora, no presente estudo utilizamos um turboatomizador unilateral, para que pudéssemos excluir qualquer fator relacionado a direção do ar proporcionado pelo ventilador do turboatomizador, certificamos que as amostras para análise de deposição de calda fossem coletadas em ambos os lados da planta, possibilitando que coletadas amostras tanto no sentido da entrada quanto a saída do pulverizador na área, obtendo-se então a média do níveis de deposição em cada terço avaliado.



Figura 11 - Perfil de distribuição do ar dos bicos hidráulicos de ambos os lados de um pulverizador de leque axial. Souza Júnior et al. (2016)

De acordo com Ramos et. al (2007) após pulverizações por turboatomizadores, são observadas menores coberturas e deposições de acaricidas no meio e no ponteiro, na entrada e na saída de pulverização e na parte interna da copa. Esses dados, corroboram com os dados obtidos no presente estudo. Logo, a eficácia de controle tende a ser menores nesses locais, pois, a ocorrência e o grau de

movimentação do ácaro têm grande interferência na eficácia do tratamento fitossanitário, uma vez que está ligada à distribuição do produto na área e a ação sobre a praga-alvo a ser controlada (Hall e Reichard, 1978; Cross e Berrie, 1990). Portanto, o aumento populacional e a reinfestação do ácaro nestes locais ocorrem mais rapidamente que nas partes onde a pulverização apresentou melhor cobertura e deposição.

De acordo Bazzo (2016) conclui-se que a maior frequência de ácaros-da-leprose nos setores interno e/ou superior da copa das plantas comumente observada em pomares comerciais de citros tem maior relação com falhas de controle após as pulverizações de acaricidas, do que a um comportamento ou preferência do ácaro da leprose por estes setores da planta, influenciado por condições climáticas ou fenológicas da planta. Entretanto, ressalta-se que os fatores bioecológicos apresentados pelo ácaro da leprose devem ser levados em conta.

Bassanezi e Laranjeira (2007) observaram que os padrões espaciais de árvores infestadas por ácaros e com sintomas de leprose eram diferentes, ou seja, as plantas sintomáticas para leprose apresentavam alta agregação espacial, enquanto o padrão de agregação dos ácaros era fraco. Além disso, os autores sugeriram que a descontinuidade espacial da população de ácaros da leprose poderia ser consequência do método de amostragem de ácaros utilizado e da aplicação frequente de acaricidas.

No presente estudo, pode-se verificar, na maioria dos cenários investigados, que não foi possível encontrar um padrão de distribuição espacial do ácaro da leprose com alta confiabilidade. Isto pode ter ocorrido, devido a fatores relacionados a amostragem e ocorrência do ácaro da leprose em baixas populações nos pomares de citros (Alves et. al, 2005). Quanto a amostragem, no presente estudo foram utilizados dados cumulativos representando cada quadrante, ou seja, a cada avaliação as ocorrências eram somadas até o momento em que se realizava uma nova pulverização, retornando ao ponto zero novamente.

Entretanto, no cenário em que a área de estudo apresentava histórico de alta infestação do ácaro da leprose (Talhão 14), o padrão de distribuição espacial foi considerado agregado com níveis de confiabilidade nos dados de moderada a alta. Sendo assim, foi possível observar que a utilização do maior volume de calda aplicado

(200 ml.m⁻³) influenciou significativamente na distribuição espacial do ácaro da leprose, especialmente em áreas de alta infestação inicial. Observou-se que uso do volume de 200 mL.m⁻³ promove maior agrupamento dos ácaros ao longo do tempo, enquanto o baixo volume (100 ml.m⁻³) apresenta padrões mais dispersos ou aleatórios. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que um maior volume de pulverização resulta em uma maior distribuição dos acaricidas, levando a um efeito de controle mais eficaz (Tabela). Assouguem et. al (2022) associa o maior volume de calda aplicado a uma melhor eficácia de controle em relação ao ácaro rajado, *Tetranychus urticae*, pois a maioria dos acaricidas disponíveis não é sistêmica, e quando aplicado em alto volume propicia bom controle.

Jiang et. al (2024) estudando o efeito de diferentes acaricidas aplicados em diferentes volumes de calda para o controle do ácaro rajado, *Tetranychus urticae*, observou que o acaricida Cyetpyrafen apresentou melhor eficácia quando aplicado em volumes de 1050 e 1200 l/ha em comparação ao volume padrão utilizado (900 l/ha).

Além disso, quando se obteve alto grau de confiabilidade no padrão de agregação referente ao Talhão 14 no maior volume de calda aplicado (200 ml.m⁻³), observou-se que a distribuição do ácaro diminuiu conforme a latitude aumentava, ou seja, indicando que a dispersão/movimentação do ácaro no pomar ocorreu dentro das linhas de plantio.

Segundo Czermainski (2006), Bassanezi e Laranjeira (2007) e Júnior et. al (2016) ao analisarem que a leprose dos citros possui padrão agregado e que as plantas mais próximas das infectadas são mais propícias ao contágio da doença observaram que o movimento do vetor ocorre preferencialmente entre plantas dentro da linha de plantio, a curtas distâncias.

Vale destacar que, além dos fatores relacionados à tecnologia de aplicação, o adensamento dos pomares citrícolas atuais tem papel fundamental na dispersão do ácaro da leprose e na eficácia de controle. Historicamente, os pomares eram implantados com espaçamentos amplos (5 a 7 metros entre plantas), o que poderia dificultar a movimentação do ácaro entre as plantas. No entanto, os sistemas atuais adotam espaçamentos reduzidos (6m x 2,2 ou 6m x 2,5 metros), resultando em pomares significativamente mais adensados. Esse adensamento cria um

microambiente favorável à dispersão do ácaro, pois a proximidade entre as plantas facilita sua movimentação, especialmente dentro da mesma linha de plantio.

De acordo com Bazzo (2016) o adensamento pode explicar, em parte, as falhas de controle em setores internos e superiores da copa, já que a maior densidade de folhas dificulta a penetração da calda pulverizada, e, simultaneamente, facilita a movimentação do ácaro entre plantas vizinhas. Portanto, a agregação espacial observada em áreas com alta infestação inicial (Talhão 14) sugere que o adensamento pode intensificar a reinfestação após pulverizações, especialmente quando há falhas na cobertura interna.

Assim, torna-se necessário determinar a distância e a dispersão da praga para fornecer informações que otimizem o manejo da praga, mitigando as perdas econômicas (Childers e Rodrigues, 2011).

No entanto, é importante salientar que o volume de calda não deve ser o ponto de partida para definição de obtenção de boa eficácia de controle de pragas, deve-se analisar todo quadro técnico que engloba a tecnologia de aplicação e a bioecologia da praga, para assim se obter meios menos onerosos e impactante ao ambiente. Wise et. al (2010) demonstram que o controle de pragas na cultura da uva não é influenciado apenas pelo tipo de pulverizador e pelo volume de calda utilizado, mas também pelas características individuais do pesticida selecionado para a praga-alvo.

De modo geral, a realização de uma análise criteriosa do cenário em que se encontra é fundamental para minimizar impactos ambientais e otimizar os resultados, onde a utilização do volume de calda de 200 mL.m⁻³, influenciou positivamente a distribuição espacial e o controle do ácaro da leprose em áreas com alta infestação inicial, promovendo um padrão de agregação ao longo do tempo. Entretanto, tratando-se de áreas iniciais com baixa infestação a utilização de baixos volumes pode se apresentar mesmo padrão de influência na distribuição do ácaro da leprose do citros. Evidenciando, nesse caso que a redução de volume de calda pode se tornar viável ambientalmente e economicamente.

5.2. EXPERIMENTO 2

- **5.2.1. Resultados**

As maiores incidências de *B. yothersi* foram observadas em períodos caracterizados por menores quantidades de chuva e temperaturas mais baixas (abril a setembro de 2021 e abril a julho de 2022) (Figura 12-B). A porcentagem de infestação de *B. yothersi* seguiu o mesmo padrão da flutuação populacional (Figura 12-C).

Os modelos estatísticos indicaram que tanto o tratamento quanto o tempo tiveram efeitos significativos sobre a incidência e a infestação de *B. yothersi* ($p < 0,0001$), sendo que o intercepto do modelo e $\log(\theta)$ também foram altamente significativos (Tabela 6). O modelo binomial negativo mostrou que o tratamento com volume de calda de 180 mL.m^{-3} reduziu significativamente a população de ácaros da leprose em comparação ao tratamento com volume de calda de 100 mL.m^{-3} , sugerindo que um maior volume de calda aplicado é mais eficaz no controle das populações de ácaros.

O componente do modelo de números infláveis a zero não foi significativo ($p = 0,954$), sugerindo que a ocorrência de contagens zero (sem ácaros) não foi influenciada pelos tratamentos, indicando que os tratamentos afetaram principalmente o número de ácaros presentes quando os ácaros foram detectados.

A análise de contraste revelou uma diferença significativa entre os dois tratamentos ($p = 0,0004$), com o maior volume de calda aplicado (180 mL.m^{-3}) resultando em um número significativamente menor de ácaros (Tabela 5). Especificamente, o tratamento com um volume maior de calda aplicado de 180 mL.m^{-3} sobre a copa da planta resultou em um menor número de ácaros *B. yothersi* ($3,9 \pm 1,6$ ácaros) do que o tratamento com um volume de 100 mL.m^{-3} ($15,8 \pm 5,8$ ácaros) ($p = 0,006$, $F = 9,24$) (Figura 13). Em termos percentuais, o maior volume de calda teve uma redução de 75% no número de ácaros encontrados durante o experimento. Esta descoberta é crítica para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo de pragas, pois destaca a importância do volume de calda na redução das populações de ácaros e dos danos associados.

Uma diferença significativa foi observada em relação à área sob a curva (AUC) em relação à incidência e progresso da infestação de *B. yothersi*, sendo que o tratamento com o menor volume de calda aplicado (100 mL.m^{-3}) apresentou as

maiores médias de AUC (Figuras 14-A e 14-B). O tratamento com o menor volume de calda aplicado apresentou o maior número de plantas com frutos caídos com sintomas de leprose cítrica ($F = 7,57$, $df = 1$, $p < 0,05$) e o maior número de frutos caídos ($F = 35$, $df = 1$, $p < 0,001$) (Tabela 6). Além disso, o tratamento com o menor volume de calda aplicado mostrou um aumento de 555% no número estimado de caixas perdidas devido à leprose (Tabela 4).

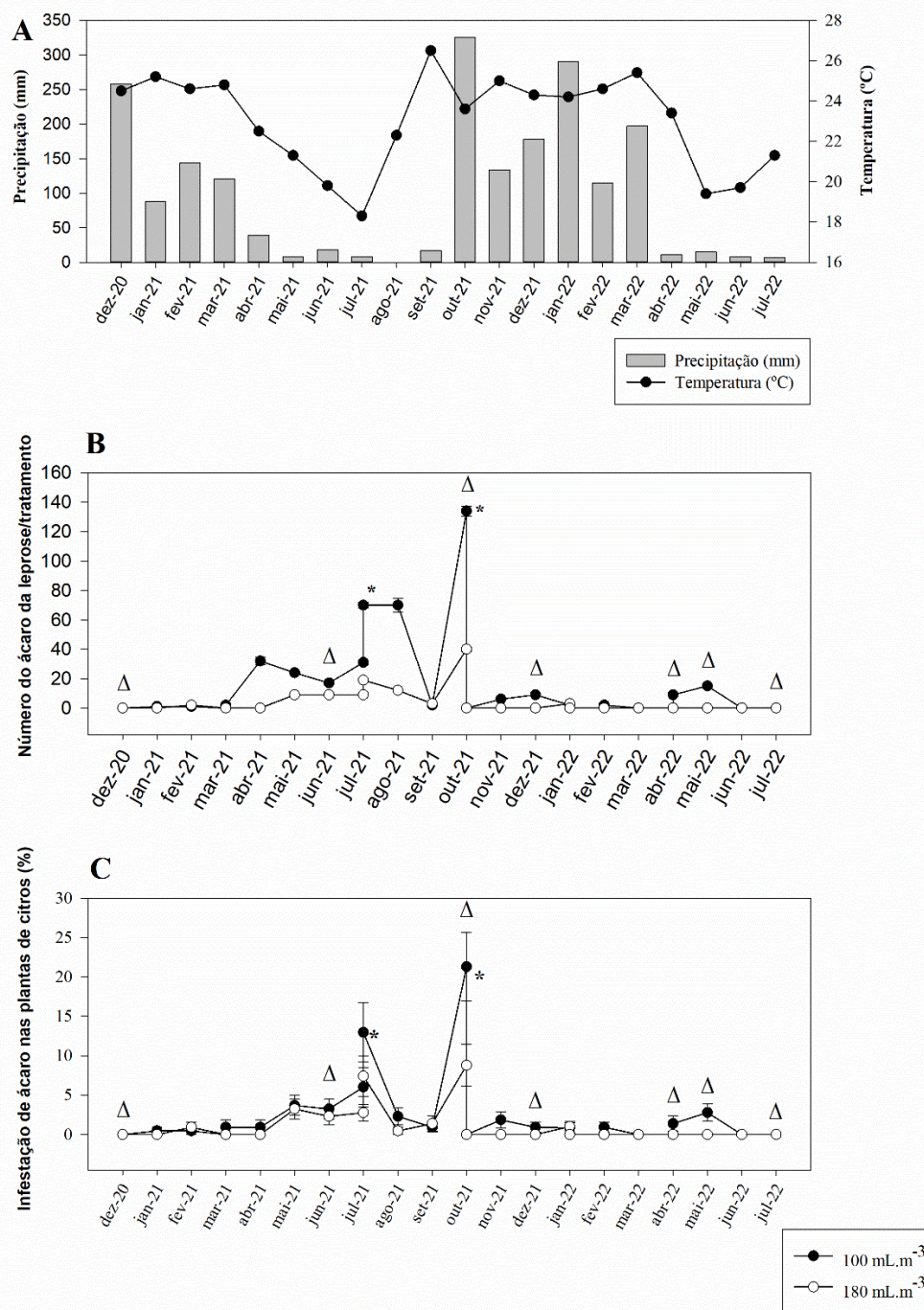


Figura 12 – A : Dados climáticos. **B:** Flutuação populacional de *B. yothersi* (total de ácaros por tratamento) durante o período experimental. **C:** Infestação de *B. yothersi* durante o período experimental. As barras indicam o erro padrão da média. * Diferença significativa entre os tratamentos. Δ Pulverizações. Nota: As Figuras 3B e 3C mostram mais de um ponto por avaliação em julho de 2021, outubro de 2021 e janeiro de 2022.

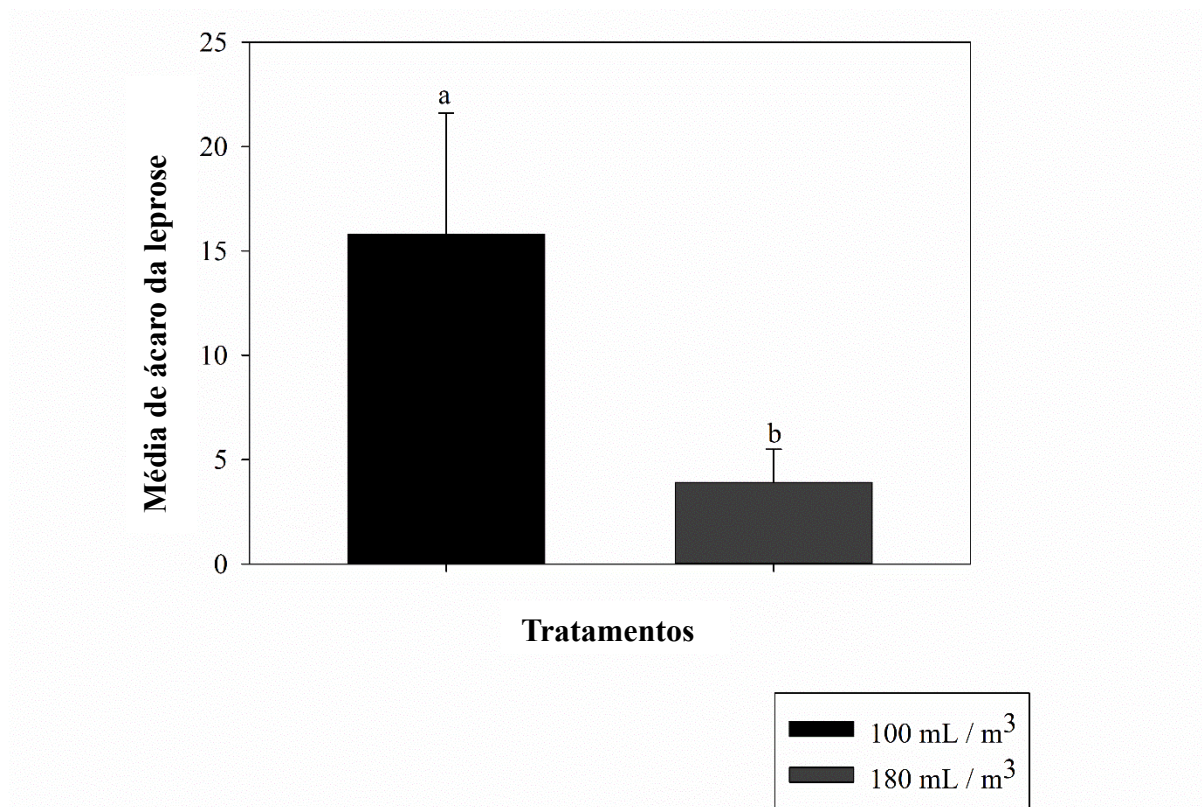


Figura 13 – Número médio de ácaros *B. yotheresi* encontrados nos tratamentos com volumes de calda aplicado de 100 mL.m⁻³ e 180 mL.m⁻³ sobre o dossel da planta. Letras minúsculas comparam as diferenças entre os tratamentos avaliados. Comparações seguidas pela mesma letra não diferem entre si utilizando o teste t de Student a uma probabilidade de 5%. As barras indicam o erro padrão da média.

Tabela 6 – Resultados do modelo de números infláveis a zero (Binomial), em relação aos tratamentos utilizados.

Parametro	Estimativa	Erro Padrão	z-value	Pr(> z)
Intercepto (100 mL.m ⁻³)	3.3491	0.6823	4.909	9.17 e-07 ***
Tratamento (180 mL.m ⁻³)	-1.4766	0.3154	-4.681	2.86 e-06 ***
Tempo	-0.0058	0.0014	-4.038	5.39 e-05 ***
Log (theta)	-2.5798	0.1344	-19.186	< 2 e-16 ***

*** indica nível de significância < 0.001.

Tabela 7 – Análise de contraste dos tratamentos em função ao modelo aplicado.

Parametro	Estimativa	Erro Padrão	z-value	Pr(> z)
100 – 180 mL.m ⁻³	0.879	0.248	3.546	0.0004 ***

*** indica nível de significância < 0.001.

Tabela 8 – Estimativa de perda de produção por hectare considerando a queda de frutos devido a leprose.

Tratamentos	NT1	NF2	NP.ha ⁻¹ 1 3	NF.ha ⁻¹ 4	Peso (kg) 5	Caixas perdidas.ha ⁻¹ 6
100 mL.m ⁻³	61 ± 0,5 a	1990 ± 21,01 a	296	9644	1359,4	33,3
180 mL.m ⁻³	35 ± 0,6 b	369 ± 8,95 b	167	1758	245,9	6,0

1: Número total de plantas encontradas com frutos caídos com sintomas de leprose.

2: Número total de frutos caídos com sintomas de leprose.

3: Estimativa do número de plantas com frutos caídos com sintomas de leprose por hectare.

4: Estimativa do número de frutos caídos com sintomas de leprose por hectare.

5: Estimativa do peso total dos frutos caídos com sintomas de leprose por hectare.

6: Estimativa do número de caixas perdidas devido a leprose.

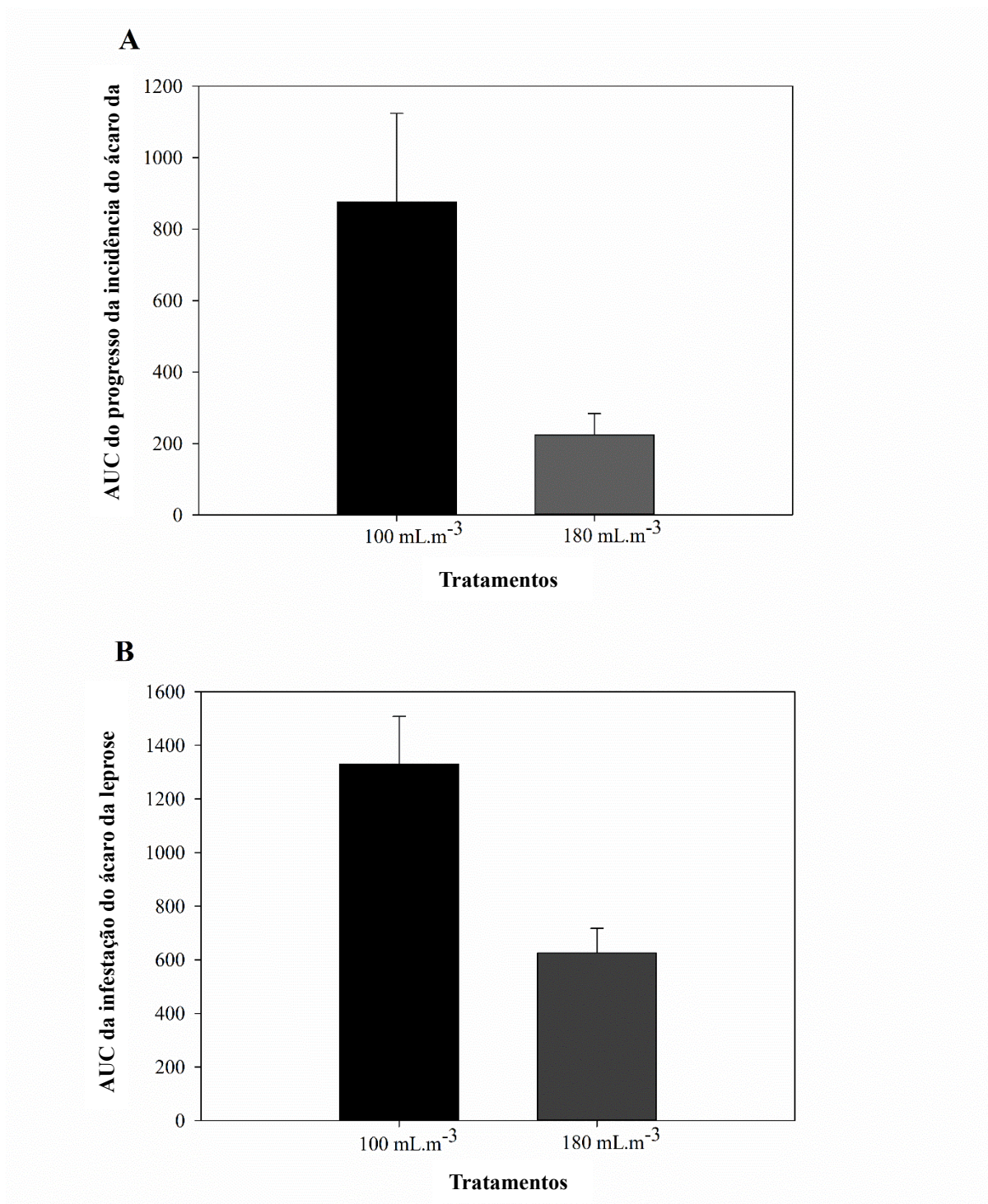


Figura 14 – Média da área abaixo da curva de abundância durante o experimento. (dezembro 2020 – julho 2022). A: Incidência de *B. yothersi*. B: Progresso de infestação de *B. yothersi*.

• 5.2.2. Discussão

O aumento da população de *B. yothersi* nos períodos mais secos do ano observado em nosso experimento corrobora outros estudos (Oliveira, 1986; Silva et al., 2012; Laranjeira et al., 2015). A população do ácaro da leprose aumenta com a redução das chuvas, da umidade relativa do ar e da capacidade de campo (Andrade et al., 2013; Laranjeira et al., 2015; Amaral et al., 2018). Portanto, fatores ambientais devem ser considerados ao desenvolver estratégias de manejo do ácaro da leprose, uma vez que as condições climáticas influenciam diretamente a flutuação populacional dessa praga.

Além disso, destaca-se que é necessário considerarmos o histórico de incidência do ácaro da leprose, pois no presente estudo obteve-se dois picos distintos de infestação do ácaro iniciando-se em abril até agosto e outro pico em outubro mantendo-se até dezembro. Verifica-se que mesmo em meses com maiores índices de pluviosidade a população do ácaro da leprose se manteve no campo, principalmente no tratamento de menor volume de calda aplicado (100 ml.m^{-3}).

O ácaro da leprose é controlado através de aplicações de acaricidas em um alto volume de calda ($>2.000 \text{ l/ha}$). No presente estudo, foi possível observar que o tratamento com o maior volume de calda aplicado (180 mL.m^{-3}) teve o menor número de ácaros, provando ser mais eficiente após aplicações sucessivas de acaricidas do que o tratamento com o menor volume de calda aplicado (100 ml.m^{-3}). De forma semelhante, Oliveira et al. (1998), Oliveira et al. (2001) e Ferreira (2003) descobriram que a pulverização de acaricidas com equipamentos equipados com bicos em um pomar de laranja proporcionou uma maior distribuição da calda sobre as plantas à medida que o volume de calda aplicado aumentava. Oliveira et al. (1998) concluíram que volumes de calda mais altos eram mais eficientes no controle do ácaro da leprose, independentemente da concentração do acaricida (óxido de fenbutatin).

O alto volume de calda utilizado para controlar o ácaro da leprose é explicado principalmente pelo comportamento peculiar dessa espécie. Trata-se de um organismo que apresenta baixa movimentação na planta em comparação com ácaros tetrânquideos, por exemplo, e uma alta preferência pela colonização e oviposição em superfícies irregulares de frutos, ramos e folhas, que oferecem abrigo e proteção aos

ácaros (Albuquerque et al., 1995; Alves et al., 2005). Além do comportamento, a tecnologia de aplicação em plantas de citros representa um grande desafio devido às variações entre a arquitetura das plantas, folhagem densa e a presença ou ausência de frutos no momento da aplicação, que atuam como barreiras (Oliveira et al., 2001; Moreira et al., 2022). Esses fatores dificultam substancialmente o contato entre o acaricida pulverizado e os ácaros, o que afeta diretamente a eficiência da aplicação.

Por outro lado, Ramos et al. (2007) descobriram que a cobertura e a deposição não foram prejudicadas ao reduzir o volume de calda de 167 ml.m⁻³ de dossel para 117 ml.m⁻³ em um pomar de laranjas (variedade Natal), sugerindo que o controle de ácaros não seria afetado pela redução do volume de calda. No entanto, no estudo de Ramos et al. (2007), o controle do ácaro da leprose pela redução do volume de calda não foi avaliado. O volume de calda não deve ser o ponto de partida para regular os pulverizadores, mas a lenta evolução da tecnologia de aplicação na citricultura, assim como a complexidade dos fatores envolvidos na relação planta-ácaro-vírus, forçou os produtores a manterem volumes de calda em níveis elevados para reduzir os danos causados pela leprose (Matthews, 2002; Bastianel et al., 2010; Sichieri, 2018).

Bazzo (2016) avaliou três volumes de calda aplicado (100, 140 e 190 mL.m⁻³) para controlar o ácaro da leprose em um pomar de laranja 'Valencia' localizado no norte do estado de São Paulo. O autor não encontrou diferença entre os três volumes de calda em relação ao período de controle (tempo decorrido desde a aplicação do acaricida até o momento em que a população do ácaro vetor atingiu novamente o nível de ação pré-estabelecido), diferindo dos resultados obtidos neste estudo. No entanto, Bazzo (2016) observou que a infestação inicial de ácaros era abaixo de 1,06%, e apenas uma aplicação do acaricida espirodiclofeno foi realizada. Por outro lado, em nosso experimento, não foi possível detectar a presença do ácaro da leprose inicialmente, mas ao longo do tempo, houve um aumento na infestação de ácaros da leprose, exigindo sete pulverizações durante o experimento.

A progressão da abundância de *B. yothersi* foi realizada, pois essa abordagem mais abrangente, representada pela AUC, oferece uma perspectiva completa sobre a dinâmica temporal da incidência e infestação. A diferença significativa obtida entre os

tratamentos (Figura 14) destaca a variabilidade na resposta aos tratamentos, enfatizando a importância de considerar não apenas pontos isolados, mas também a trajetória geral ao longo do tempo, mostrando uma maior incidência e infestação de *B. yothersi* no tratamento com o menor volume aplicado (100 mL.m^{-3}).

A alta infestação do ácaro da leprose obtida frente a eficácia de controle dos tratamentos do estudo foi corroborada pela queda prematura de frutos, sendo essa uma das principais perdas causadas pela leprose (Moreira et al., 2022). De acordo com os resultados, o tratamento com um volume de 180 mL.m^{-3} apresentou menor número de frutos caídos devido à leprose. Sendo assim, sugere-se que esse tratamento reduziu a propagação da leprose na área e protegeu eficientemente as plantas. O tratamento com o maior volume de calda aplicado pode ter proporcionado as maiores taxas de cobertura e deposição do ingrediente ativo nas plantas, aumentando as chances de contato entre o acaricida e os ácaros.

No geral, os resultados obtidos fornecem fortes evidências de que um maior volume de calda é mais eficaz no controle de *B. yothersi*, levando a taxas de infestação mais baixas, redução das populações de ácaros da leprose e minimização das perdas econômicas. Na prática, em condições de alta pressão da praga, volumes menores podem se mostrar insuficientes, como demonstrado neste trabalho. Além disso, nossos resultados são sem precedentes em relação à avaliação de diferentes volumes de calda aplicado na eficiência do controle do ácaro da leprose e seu impacto na doença ao longo do tempo.

Além disso, é fato que quanto menor o volume de calda necessário para manejar o ácaro, maior a capacidade operacional e menores os custos de controle. No entanto, pesquisas voltadas à otimização de toda a tecnologia de aplicação utilizada na citricultura serão necessárias no futuro para reduzir com segurança os volumes de calda utilizados.

6. CONCLUSÕES

A utilização do volume de calda de 200 ml.m⁻³ proporcionou maiores valores de deposição de calda em todos os pontos avaliados, entretanto, não foi possível encontrar diferença significativa para cobertura superficial entre os tratamentos.

A utilização do volume de calda de 200 ml.m⁻³, em áreas com alta infestação inicial, promoveu um padrão de agregação do ácaro da leprose ao longo do tempo.

Em áreas com baixa infestação inicial, não foi possível observar influência do volume de calda aplicado no padrão de distribuição do ácaro da leprose. Evidenciando, que o posicionamento de um volume menor pode ser utilizado nesse cenário.

A utilização do volume de 180 ml.m⁻³ proporcionou menor número de ácaros ao longo do tempo, apresentando uma redução de 75% de ácaros encontrados.

A utilização do volume de 180 ml.m⁻³ proporcionou menor progresso na infestação do ácaro da leprose.

A utilização do volume de 100 ml.m⁻³ acarretou numa maior queda de frutos decorrentes da leprose, apresentando uma perda estimada em 33,3 caixas/ha.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrofit - Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários (2023) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: http://agroft.agricultura.gov.br/agroft_cons/principal_agroft_cons. (Accessed 14 Apr. 2023)

Albrigo, L. G., Grosser, J. W. (1997) Development and testing of a recommendation system to schedule copper sprays for citrus disease control. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, 110, 58–62.

Albuquerque, F.A. de, Oliveira C.A.L., Barreto, M. (1995) Comportamento do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) em frutos de citros. In: Oliveira, C.A.L. de e Donadio, L.C. (Eds.). **Leprose dos citros**. Jaboticabal, São Paulo, FUNEP, pp. 77–90.

Alvarenga, C. B., Teixeira, M.M., Zolnier, S., Sasaki, R.S., Rinaldi, P.C.N. (2014) Air and liquid volumetric distribution in vertical in a hydro-pneumatic sprayer. **Applied Research and Agrotecnology**, v. 7, n. 1, p. 71-79.

Alves, E.B., Casarin, N.F.B. e Omoto, C. (2005) Mecanismos de dispersão de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). **Neotropical Entomology**, 34(1), 89–96.

Amaral, I., de Moraes, G.J., Melville, C.C., Andrade, D.J. (2018) Factors affecting prevailing populations levels of *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) in citrus areas affected by citrus leprosis in the State of São Paulo, Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, 74, 395–402.

Andrade, D.J., Ferreira, M.C., Santos, N.C. (2010a) Efeito da adição de óleos ao acaricida cyhexatin sobre o ácaro *Brevipalpus phoenicis* e na retenção de calda por folhas de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 32, 1055–1063.

Andrade, D. J., Oliveira, C. A. L., Pattaro, F. C., Siqueira, D. S. (2010b). Acaricidas utilizados na citricultura convencional e orgânica: manejo da leprose e populações de ácaros fitoseídeos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 32, 1028-1037.

Andrade, D.J., Falconi, R.S., Siqueira, D.S., Barbosa, C.L., Ferraudo, A.S., Oliveira, C.A.L. (2013a) The influence of citrus rootstocks on the relationship between the mite *Brevipalpus phoenicis* and citrus leprosis disease. **Pest Management Science**, 69, 81–87.

Andrade, D. J., Pattaro, F. C., Moraes, M. R., Barbosa, C. L., Oliveira, C. A. L. (2013b). Aspectos técnicos e econômicos da poda e do controle químico de *Brevipalpus phoenicis* no manejo da leprose dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35, 409-424.

Andrade, D.J., Lorençon, J.R., Siqueira, D.S., Novelli, V.M., Bassanezi, R.B. (2018) Space–time variability of citrus leprosis as strategic planning for crop management. **Pest Management Science**, 74(8), 1798–1803.

Assouguem, A.; Kara, M.; Mechchate, H.; Korkmaz, Y.B.; Benmessaoud, S.; Ramzi, A.; Abdullah, K.R.; Noman, O.M.; Farah, A.; Lazraq, A. (2022) Current situation of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in northern Africa: The sustainable control methods and priorities for future research. **Sustainability**, 14, 2395.

Barbosa, J.C., Maldonado Júnior, W. (2013) Experimentação Agronômica e AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal, São Paulo, FUNEP, 396 pp.

Bassanezi, R.B., Ayres, A.J., Massari, C.A., Belasque Junior, J., Barbosa, J.C. (2014) Progressão e distribuição espacial das principais pragas dos citros. In: Andrade, D.J., Ferreira, M.C., Martinelli, N.M. (Org.). **Aspectos da fitossanidade em citros**. Jaboticabal: Cultura Acadêmica. 31-50.

Bassanezi, R.B. (2018) Fatores que dificultam o controle do ácaro da leprose. Araraquara, São Paulo. Available from <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/fatores-que-dificultam-o-controle-do-acaro-da-leprose/645>. (Accessed 20 Apr. 2023)

Bassanezi, R.B. (2019) Manual de leprose dos citros: Medidas essenciais de controle. Araraquara, São Paulo, Fundecitrus, 23 pp. Available from https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/leprose-dos-citros/85. (Accessed 20 Apr. 2023)

Bastianel, M., Novelli, V.M., Kitajima, E.W., Kubo, K.S., Bassanezi, R.B., Machado, M.A., Freitas-Astúa, J. (2010) Citrus leprosis: centennial of an unusual mite virus pathosystem. **Plant Disease**, 94(3), 284–292.

Bazzo, A.M. (2016) Distribuição intraplanta do ácaro da leprose dos citros e adequação do volume de calda de acaricida para o seu controle. Araraquara, São Paulo, **Dissertação** (Mestrado em Fitossanidade), Fundecitrus, 49 pp.

Beard, J.J., Ochoa, R., Braswell, W.E., Bauchan, G.R. (2015) *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae) - a closer look. *Zootaxa*, 3944, 1–67.

Busoli, A.C. (1995) O manejo integrado de pragas - citros e a busca de qualidade total na citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis 16: 155-186.

Campos, F, Omoto, C. (2002) Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. *Experimental Applied Acarology*, 26, 243–251.

Carvalho, G. F. G., Ferreira, M. C., Lorençon, J. R., Sakomura, J. (2014). Mite control in orange fruit after spraying acaricides in mixture with leaf fertilizers. *Aspects of Applied Biology*, 122, 437-440.

CATI. (1997) Citros: recomendação para o controle das principais pragas e doenças em pomares do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico CATI**, n.165. 58p.

Conceschi, M.R. (2013) Potencialidade dos fungos entomopatogênicos *Isaria fumosorosea* e *Beauveria bassiana* para o controle de pragas dos citros. Tese de Mestrado. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo.

Contiero, RL, Biffe, DF, Catapan, V (2018) Tecnologia de Aplicação. In: Brandão Filho, JUT, Freitas, PSL, Berian, LOS, Goto, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, pp. 401–449. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0015>.

Chiavegato, L.G. (1991) Ácaros da cultura de citros. In: Rodríguez, O., Viégas, F., Pompeu Jr., J., Amaro, A.A. (2 Eds.), **Citricultura Brasileira**. Campinas, São Paulo, Fundação Cargil, 601–641.

Chiavegato, L. G. (1995) Avaliação da potencialidade de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) na transmissão da leprose em plantas cítricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15. **Anais do Congresso Brasileiro de Entomologia**. Camambu: editora, p.14.

Childers, C. C.; Rodrigues, J. C. V. (2011) An overview of *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae) and the plant viruses they transmit. **Zoosymposia**, n. 6, p. 168-180.

Della Vechia, J.F., Ferreira, M.C., Andrade, D.J. (2018) Interaction of spiroticlofen with insecticides for the control of *Brevipalpus yotheresi* in citrus. *Pest Management Science*, 74, 2438–2443.

Cross, J.V., Berrie, A.M. (1990) Efficacy of reduced volume and reduced dose rate spray programmes in apple orchards. **Crop Protection**, v.9, n.3, 207-17.

Czermainski, A. B. C. (2006) Dinâmica espaço-temporal de populações do patossistema leprose dos citros em condições naturais de epidemia. 91 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Della Vechia, J. F., Ferreira, M. C., Andrade, D. J. (2018). Interaction of spiroticlofen with insecticides for the control of *Brevipalpus yotheresi* in citrus. **Pest Management Science**, 74(11), 2438-2443.

Della Vechia, J.F., Andrade, D.J. (2022) Effect of acaricide and insecticide mixtures against citrus leprosis vector, *Brevipalpus yotheresi*, under laboratory and field conditions. **Crop Protection**, 161, 106074.

Della Vechia, J.F., Kapp, A.B.P., Rocha, C.M. (2022). The importance of acaricides in the control of citrus leprosis mite and factors that interfere with the efficacy. **Citrus Research and Technology**, 43 (1074). <http://dx.doi.org/10.4322/crt.23021>.

Ferreira, M.C. (2003) Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (G., 1939) em citros. Jaboticabal, São Paulo, **Tese** (Doutorado em Agronomia – Entomologia Agrícola), Universidade Estadual Paulista, 64 pp.

Fourie, P.H., Brink, J.C., du Preez, M., Schutte, G.C., (2009) The effect of runoff on spray deposition and control of *Alternaria* brown spot of mandarins. Australas. **Plant Pathology**. 38, 173–182.

Fundecitrus - Fundo de Defesa da Citricultura (1999) Manual de Ácaros Leprose e Ferrugem: o que fazer para manter seu pomar sadio. Araraquara. Fundecitrus. 11 p.

Fundecitrus - Fundo de Defesa da Citricultura (2023) Inventário de árvores e estimativa de safra de laranja 2022/2023 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro 2022/2023. Available from https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2022_07_01_Inventario_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2022-2023.pdf. (Acessed 22 Apr. 2023)

Fundecitrus - Fundo de Defesa da Citricultura (2024) Reestimativa da safra de laranja 2023/2024 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro – Cenário em abril de 2024. Available from https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0424_Fechamento_da_Safra_de_Laranja.pdf. (Accessed 22 Apr. 2023)

Franciscon, L., Ribeiro Junior, P.J., Krainski, E.T., Bassanezi, R.B., Czermainski, A.B.C. (2008) Modelo autológico espaço-temporal com aplicação à análise de padrões espaciais da leprose-dos-citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, 1677- 1682.

Gil, E., Escolà, A., (2009) Design of a decision support method to determine volume rate for vineyard spraying. **Appl. Eng. Agric.** 25, 145–151.

Gravena, S. (2000) Manejo integrado de pragas dos citros no contexto de citricultura integrada. In: **Anais do Seminário Internacional de Citros**, 6. Bebedouro. p.147-175.

Gravena, S. (2002) Manual prático de inspeção de pragas dos citros. Jaboticabal, **Gravena Ltda.** 52 p.

Gravena, S. (2005) Manual prático de manejo ecológico de pragas dos citros. Jaboticabal, **Gravena Ltda.** 372 p.

Hall, F.R., Reichard, D.L. (1978) Effects of spray droplet size, dosage, and solution per ha rates on mortality of twospotted spider mite. **Journal of Economic Entomology**, v.71, n.2, 279–282.

Herrera Prat, M., De las Cuevas Milán, H., Morales Fonta, A., Diego Gómez, A. (2002). Análisis de la velocidad del aire en la corriente de las asperjadoras utilizadas en frutales. **Universidad Agraria de La Habana**.

Herrera Prat, M. I.; De La Figal, G. C; De La Cuevas, H. M. (2013) Análisis de la aerodinámica del ventilador del pulverizador ASS-800 empleado en frutales. **Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 22, n. 4, p. 15–19.

Jackman, S. (2020) pscl: Classes and Methods for R Developed in the Political Science Computational Laboratory. United States Studies Centre, University of Sydney, Sydney, New South Wales, Australia. R package version 1.5.5, Available from <https://github.com/atahk/pscl/>. (Accessed 03 Aug. 2024)

Jiang, L., Wang, H., Qiao, K., Wu, C. (2024) Increasing Cyetpyrafen Spray Volume and Ozone Spray Improves the Control Effects against Two- Spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae*) in Strawberries. **Plants.**, 13, 1792. <https://doi.org/10.3390/plants13131792>

Krantz, G.W., Walter, D.E.A. (2009) Collection, rearing and preparation for studying. In: Krantz, G.W. and Walter, D.E.A. (Eds). **A Manual of Acarology**. Lubbock, Texas Tech University Press, pp. 83–96.

Lacerda, L.M., Franco, D., Fukuda, L.A., Siqueira, D.S., Andrade, D.J. (2022) Análise de variáveis que interferem no período de controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi*. **Citrus Research and Technology**, 43 (1078). <https://doi.org/10.4322/crt.23522>.

Laranjeira, F.F., Silva, S.X.B., Andrade, E.C., Almeida, D.O., Silva, T.S.M., Soares, A.C.F., Freitas-Astúa, J. (2015) Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. **Experimental Applied Acarology**, 66, 491–508.

Lenth, R.V. (2019) Emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package v. 1.3.5.1. Available from <https://CRAN.Rproject.org/package=emmeans>. (Accessed 03 Aug. 2024)

Locali, E.C., Freitas-Astua, J., Souza, A.A., Takita, M.A., Astúa-Monge, G., Antonioli, R., Kitajima, E.W., Machado, M.A. (2003) Development of a molecular tool for the diagnosis of leprosis, a major threat to citrus production in the Americas. **Plant Disease**, 87, 1317–1321.

Lopes, M.V., Oliveira, C.A.L., Barreto, M., Barbosa, J.C., Rossi, F.M. (2007) Dimensionamento de amostras para monitoramento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 29(3), 671–676.

Maia, O. M. A., Oliveira, C. A. L. (2004) Capacidade de colonização de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em cercas-vivas, quebra-ventos e plantas invasoras. Neotropical **Entomology, Londrina**, v.33, n.5, 625–629.

Malden, L.V., Hughes, G., Bosch, F.V.D. (2007) The Study of **Plant Disease Epidemics**. St Paul, Minnesota, USA, APS Press, 421 pp.

Martinelli, N.M., Oliveira, C.A.L., Perecin, D. (1976) Conhecimentos básicos para estudos que envolvam levantamentos da população do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) na cultura dos citros. **Científica**, 4 (3), 242–253.

Matthews, G.A. (2000) Pesticide application methods. 3. ed. London: Blackwell Science.

Matthews, G.A. (2002) The application of chemicals for plant disease control. In: Waller, J.M., Lenné, J.M., Waller, S.J. (Eds.), **Plant Pathologist's Pocket Book**. London, CAB, 345–353.

Matuo, T. (1990) Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal, São Paulo, **FUNEP**, 140 pp.

Méndez-Méndez, P., Sánchez-Soto, S., Romero-Nápoles, J., y Ortiz-García, C. F. (2012) Fluctuación poblacional de *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae), vector de la leprosis de los cítricos en Tabasco, México. **Fitosanidad**, 16(2), 73-77.

Mineiro, J.L.C., Sato, M.E., Novelli, V.M., Andrade, D.J. (2015) Distribuição de *Brevipalpus yothersi* Baker, 1949 (Acari: Tenuipalpidae) em diferentes hospedeiras e localidades no estado de São Paulo. **28a Reunião Anual do Instituto Biológico**, São Paulo.

Miranda, M. P., Volpe, H. X. L., Veiga, A. C. P., Zanardi, O. Z., Bassanezi, R. B., Andrade, D. J., Carmo-Sousa, M. (2017). Manejo de insetos e ácaros vetores fitopatógenos nos citros. **Informe Agropecuário** (Belo Horizonte), 38, 1-25.

Moreira, R.R., Machado, F.J., Lanza, F.E., Trombin, V.G., Bassanezi, R.B., de Miranda, M.P., Barbosa, J.C., da Silva Junior, G.J., Behlau, F. (2022) Impact of diseases and pests on premature fruit drop in sweet orange orchards in São Paulo

state citrus belt, Brazil. **Pest Management Science**, 78(6), 2643–2656. <https://doi.org/10.1002/ps.6894>.

Nascimento, A.S., Moraes, G.J., Cabrita, J.R.M., Silva, L.M.S., Porto, O.M.; Cassino, P.C.R.; Gravena, S. e Pinto, W.B.S. (1982) Manual de Manejo Integrado das Pragas do Pomar Cítrico. Brasília, **EMBRAPA**, 48 p. (EMBRAPA-CNPMF. Documentos, 6).

Neves, M.F. e Trombini, V.G. (2017) Anuário da citricultura 2017. **Citrus BR**, 28 (1), 1–57.

Neves, M.F., Trombini, V.G., Marques, V.N., Martinez, L.F. (2020) Global orange juice market: a 16-year summary and opportunities for creating value. **Tropical Plant Pathology**, 45(3), 166–174.

Novelli, V. M., Freitas-Astúa, J., Antonioli-Luizon, R., Locali, E. C.; Arrivabem, F., Hilf, M.E., Gottwald, T.R., Machado, M.A. (2005) Detecção do vírus da leprose dos citros (CiLV-C) através de RT-PCR em diferentes fases de desenvolvimento do ácaro vetor (*Brevipalpus phoenicis*). In: **CONGRESSO 133 BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA**, 38, Brasília/DF. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.30, 183 pp.

Oliveira, C.A.L. (1986) Flutuação populacional e medidas de controle do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. *Laranja*, 7(1), 1–31.

Oliveira, C.A.L., Campos Neto, R. e Fernandes, C.B. (1998) Efeito de diferentes volumes de calda no controle do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 27, 117–131.

Oliveira, C.A.L., Matuo, T., Campos Neto, R.R., Santos Junior, J.E., Fernandes, C.B., Toledo, M.C. (2001) Efeito de espalhantes adesivos e volume de calda na eficiência de acaricidas no controle do ácaro da leprose em citros. **Laranja** 22:73-91.

Oliveira, C.A.L., Matuo, T., Campos Neto, R.R., Santos Junior, J.E., Fernandes, C.B. e Toledo, M.C. (2001) Efeito de espalhantes adesivos e volume de calda na eficiência de acaricidas no controle do ácaro da leprose em citros. **Laranja**, 22, 73–91.

Pattaro, F.C. (2003) Calda sulfocálcica no agrossistema citrícola. Jaboticabal, São Paulo, **Dissertação** (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola), Universidade Estadual Paulista, 73 pp.

Pinho, I.M.P. (2021) Modelos de turbopulverizadores: qualidade da pulverização, eficácia e custo no controle do ácaro *Brevipalpus yothersi* e da leprose dos citros. Araraquara, São Paulo, **Dissertação** (Mestrado em Fitossanidade), Fundecitrus, 45 pp.

Prates, HS (1991) Controle fitossanitário dos pomares cítricos: recomendações práticas. In: Rodriguez, O. (Ed.) et al. Citricultura brasileira, 2.ed. Campinas: **Fundação Cargill**, v.2, p.824-51.

R Studio Team (2022) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria.

Ramos, H.H., Yanai, K., Corrêa, I.M., Bassanezi, R.B., Garcia, L.C. (2007) Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, 27, 56–65.

Ramos-González, P.L., Chabi-Jesus, C., Guerra-Peraza, O., Breton, M.C., Arena, G.D., Nunes, M.A., Kitajima, E.W., Machado, M.A., Freitas-Astúa, J. (2016) Phylogenetic and molecular variability studies reveal a new genetic clade of citrus leprosis virus C. **Viruses**, 8(6), 153.

Rocha, C.M., Della Vechia, J.F., Savi, P.J., Omoto, C., Andrade, D.J. (2021) Resistance to spiroticlofen in *Brevipalpus yothersi* from Brazilian citrus groves detection, monitoring, and population performance. **Pest Management Science**, 77, 3099–3106.

Roda, A.L., Allen, C.T., Carrillo, D., Nachman, G. (2022) Effects of weather and predators on the population *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) in south Florida hibiscus hedges. **Zoosymposia** 22, 60–74. <https://doi.org/10.11646/zoosymposia.22.1.39>.

Rodrigues, J.C.V. (2000) Relações patógeno-vetor-planta no sistema leprose dos citros. Piracicaba, São Paulo, **Tese** (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, 168 pp.

Rodrigues, J. C. V., Kitajima, E. W., Childers, C. C., Chagas, C. M. (2003) Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. **Experimental Applied Acarology**, Amsterdam, v.30, 161–179.

Rossetti, V.; Colariccio, A.; Chagas, C.M.; Sato, M.E., Raga, A. (1997) Leprose dos citros. **Boletim Técnico do Instituto Biológico** 6: 5-27.

Sichieri, C.E. (2018) Volumes de calda acaricida para o controle do ácaro da leprose dos citros (*Brevipalpus yotheresi*) utilizando turbopulverizador convencional e eletrostático. Araraquara, São Paulo, **Dissertação** (Mestrado em Fitossanidade), Fundecitrus, 38 pp.

Silva, S.X.B., Laranjeira, F.F., Andrade, E.C., Almeida, D.O. (2012) Dinâmica da infestação de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) em pomares cítricos da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 34, 77–83.

Souza, R.S., Oliveira, C.A.L, Araújo, J. A. C.; Fernandes, E.J. (2002) Desenvolvimento de *Brevipalpus phoenicis* sobre plantas de citros submetidos a diferentes condições hídricas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA**, 19., Manaus, p. 253.

Souza Junior, J.M., Ruas, R.A.A., Godinho Junior, J.D., Filho, A.C., Faria, V.R. (2016) Vertical volumetric distribution of an axial fan sprayer on de *Brevipalpus phoenicis* control. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 2, p. 183–190,

Scapin, M.S., Behlau, F., Scandelai, L.H.M., Fernandes, R.S., Silva Junior, G.J., Ramos, H.H., (2015) Tree-row-volume-based sprays of copper bactericide for control of citrus canker. *Crop Protection*. 77, 119–126.

Scapin, M.S. e Ramos, H.H. (2017) Manual de tecnologia de aplicação em citros. Araraquara, Fundecitrus, 27 pp.

Schutte, N. S., Malouff, J. M., Bhullar, N. (2012) Perceived Emotional Intelligence Assessment: The Portuguese Validation of the Schutte Emotional Intelligence Scale (SEIS). *Avaliação Psicológica*, 19(1), 18–28.

Tassi, A.D., Garita-Salazar, L.C., Amorim, L., Novelli, V.M., Freitas-Astúa, J., Childers, C.C., Kitajima, E.W. (2017) Virus-vector relationship in the citrus leprosis pathosystem. **Experimental and Applied Acarology**, 71(3), 227–241.

Ulian, L. F., Oliveira, C. A. L. (2002) Comportamento do ácaro da leprose dos citros em diferentes cercas-vivas e quebra-ventos utilizados em pomares cítricos da região de Bebedouro, SP. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.77, n.1, p.103-112, 2002.

USDA - United States Department of Agriculture (2022) Citrus: World Markets and Trade. Available from <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/w66343603/bv73d549r/1v53m4335/citrus.pdf>. (Accessed 22 Apr 2023)

Van Zyl, J.G., Sieverding, E.G., Viljoen, D.J., Fourie, P.H., (2014) Evaluation of two organosilicone adjuvants at reduced foliar spray volumes in South African citrus orchards of different canopy densities. **Crop Protection**. 64, 198– 206.

Venables, W.N. e Ripley, B.D. (2002) Modern applied statistics with S. **Springer**, Fourth Edition, xi + 495.

Weeks, A., Marek, F., Breeuwar, J. A. J. (2001) A mite species that consists entirely of haploid females. **Science**, Washington, v.292, 2479 – 2482.

Wise, J.C., Jenkins, P.E., Schilder, A.M.C., Vandervoort, C. e Isaacs, R. (2010) Sprayer type and water volume influence pesticide deposition and control of insect pests and diseases in juice grapes, **Crop Protection**, Volume 29, Issue 4, 378–385.

Zeileis, A., Kleiber, C., Jackman, S. (2008) Regression Models for Count Data in R. **Journal of Statistical Software**, 27(8), 1–25.