

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

JADER CARLOS VIEIRA

**Eficiência de acaricidas em misturas com adjuvantes e
fertilizantes foliares no controle do ácaro da leprose dos citros**

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

Orientador: Dr. Odimar Zanuzo Zanardi

**Araraquara
Janeiro 2019**

JADER CARLOS VIEIRA

Eficiência de acaricidas em misturas com adjuvantes e fertilizantes foliares no controle do ácaro da leprose dos citros

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

Orientador: Dr. Odimar Zanuzo Zanardi

**Araraquara
Janeiro 2019**

JADER CARLOS VIEIRA

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

Araraquara, 17 de janeiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Odimar Zanuzo Zanardi (Orientador)
Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara/SP.

Dr. Daniel Júnior de Andrade
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal/SP.

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

DEDICATÓRIA

A Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida;

Aos meus pais Alcides Vieira e Neuza Vieira, pelo incentivo e ensinamentos na minha formação;

À minha esposa Priscila Cristina Segundo Vieira, por estar sempre ao meu lado, paciência, compreensão e apoio nos momentos que estive ausente;

Aos meus filhos Guilherme, Victor e Ana Laura, que são tudo na minha vida, razão de minhas energias e motivações diárias;

A toda minha família, que sempre esteve presente ao meu lado, pela confiança depositada em mim, para que juntos pudéssemos vencer mais esta etapa importante da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À empresa Agroterenas S/A Citrus, em nomes de José Eugênio de Rezende Sobrinho, Aprigio Tank Junior e Adilson Luis Penariol, pela oportunidade, confiança e apoio durante a realização desse trabalho;

Ao meu orientador Dr. Odimar Zanuzo Zanardi, pela paciência, apoio e ensinamentos passados;

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

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

A todos os funcionários do Fundecitrus pelo apoio, dedicação e auxílio em todos os momentos, em especial a Amanda Cristina Gonçalves de Oliveira pela paciência e apoio na busca de referencial teórico para elaboração dessa dissertação;

Ao professor Dr. Daniel Junior de Andrade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), campus de Jaboticabal, São Paulo, por disponibilizar a estrutura e equipamentos e contribuir na execução deste trabalho;

À doutoranda Jaqueline Franciosi Della Vechia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), campus de Jaboticabal, São Paulo, por fornecer espécimes do ácaro da leprose para estabelecimento de uma criação em laboratório;

A todos os inspetores e operadores da Fazenda Três Marias e Rensi da Agroterenas, em especial a minha equipe de coordenadores e técnicos que me auxiliaram nas pulverizações e coletas de dados deste trabalho;

Ao Augusto Cezar Andrade, Dario Isaias Raquel e Lucas Henrique Molero, pela ajuda na pulverização dos tratamentos no campo.

Epígrafe

"Não precisamos de mais dinheiro, não precisamos de mais sucesso ou fama, não precisamos do corpo perfeito, nem mesmo do parceiro perfeito, agora mesmo, neste momento exato, dispomos da mente, que é todo o equipamento básico de que precisamos para alcançar a plena felicidade." (Dalai Lama)

Eficiência de acaricidas em misturas com adjuvantes e fertilizantes foliares no controle do ácaro da leprose

Autor: Jader Carlos Vieira

Orientador: Odimar Zanuzo Zanardi

Resumo

O controle químico tem sido uma das principais táticas de manejo do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari: Tenuipalpidae), vetor do vírus da leprose dos citros (CiLV). Apesar da alta eficiência, facilidade de aplicação e ação rápida, este método tem gerado aumento nos custos de produção devido ao alto custo dos insumos, demanda de mão de obra e de infraestrutura operacional nas propriedades. Por essa razão, as misturas de acaricidas, adjuvantes e fertilizantes foliares em tanque de pulverização têm sido uma prática comum entre os citricultores, na tentativa de reduzir os custos de produção, otimizar o uso de máquinas e implementos disponíveis na propriedade, reduzir o número de pulverizações e garantir o controle da praga alvo e de outros organismos que colonizam e causam danos as plantas cítricas. No entanto, misturas em tanque de pulverização podem reduzir a eficácia dos compostos devido as alterações físicas e/ou químicas dos componentes da mistura e afetar negativamente a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema de produção de citros. Dessa forma, este estudo teve como objetivos avaliar o efeito da adição de adjuvantes (copolímero de poliéster e silicone ou óleo mineral) e/ou fertilizantes foliares ($MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia) nos níveis de toxicidade aguda e na eficiência dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem. Além disso, foram estimados os níveis de incidência de frutos com sintomas de leprose e os custos de aplicações de acaricidas isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares. Em laboratório, a pulverização de espirodiclofeno e ciflumetofem isoladamente ou em mistura com fertilizantes foliares causaram alta mortalidade de fêmeas de *B. yothersi*. No entanto, a adição de adjuvantes reduziu significativamente os níveis de toxicidade aguda desses acaricidas. Em campo, a aplicação de fertilizantes foliares em mistura com espirodiclofeno e ciflumetofem não afetou a atividade biológica desses acaricidas para o controle do ácaro. Além disso, espirodiclofeno e ciflumetofem aplicados isoladamente ou em mistura com fertilizantes foliares proporcionaram maior período de proteção das plantas cítricas contra a recolonização do ácaro quando comparado a aplicação desses acaricidas em mistura com adjuvantes. Diante da maior eficiência e período de controle, plantas tratadas com acaricidas isoladamente ou em mistura com fertilizantes foliares tiveram menor incidência de frutos com sintomas de leprose do que àquelas tratadas com acaricidas associados aos adjuvantes. Aplicações de espirodiclofeno ou ciflumetofem em mistura com fertilizantes foliares reduziram os custos de produção em relação a aplicação desses acaricidas isoladamente ou em mistura com fertilizantes foliares. Portanto, o uso de espirodiclofeno ou ciflumetofem em misturas com fertilizantes foliares é uma alternativa importante para reduzir os custos de produção sem afetar negativamente o controle do ácaro da leprose. No entanto, o uso de espirodiclofeno ou ciflumetofem em misturas com adjuvantes reduz a efetividade desses compostos no controle do ácaro da leprose.

Palavras-chave: *Brevipalpus yothersi*, Espalhante adesivo, Óleo mineral, Espirodiclofeno, Ciflumetofem.

Efficiency of acaricides in mixtures with adjuvants and foliar fertilizers in the control of the leprosy mite

Author: Jader Carlos Vieira

Advisor: Odimar Zanuzo Zanardi

Abstract

Chemical control has been one of the main management tactics of the citrus leprosis mite *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari: Tenuipalpidae), a vector of citrus leprosis virus (CiLV). Despite its high efficacy, ease of application and quick action, this control method has generated an increase in production costs due to the high cost of inputs, labor demand and operational infrastructure in properties. For this reason, the mixtures of acaricides, adjuvants, and foliar fertilizers in a spray tank have been widely used by citrus farmers in an attempt to reduce production costs, optimize the use of machinery and implements available in the property, reduce the number of sprays and ensure the control of the target pest and other organisms that colonize and cause damage to citrus trees. However, mixtures in spray tank can reduce the effectiveness of the compounds due to the physical and/or chemical changes in the blend components and negatively affect the economic and environmental sustainability of the citrus production system. In this study, the effect of the addition of adjuvants (polyester copolymer and silicon or mineral oil) and/or foliar fertilizers ($MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$, and urea) on the acute toxicity levels and efficiency of spiroticlofen and cyflumetofen were assessed. In addition, the incidence levels of leprosis on fruits and the costs of acaricide sprayings alone or in mixture with adjuvants and/or foliar fertilizers were also estimated. In the laboratory, the spraying of spiroticlofen and cyflumetofen alone or in mixture with foliar fertilizers caused high mortality of *B. yothersi* females. However, the addition of adjuvants significantly reduced the acute toxicity levels of these acaricides. In the field, the application of foliar fertilizers in mixture with spiroticlofen and cyflumetofen did not affect the biological activity of these acaricides for control of this mite. Furthermore, spiroticlofen and cyflumetofen applied alone or in mixture with foliar fertilizers provided a longer period of protection of citrus trees against the recolonization of the mite compared to the spraying of these acaricides mixed with adjuvants. Due to the greater efficiency and control period, trees treated with acaricides alone or in mixture with foliar fertilizers had a lower incidence of leprosis on fruits than those treated with acaricides associated with adjuvants. Sprayings of spiroticlofen or cyflumetofen associated with foliar fertilizers reduced the production costs in relation to the use of these acaricides sprayed alone or in mixture with foliar fertilizers. Thus, the use of spiroticlofen or cyflumetofen in mixture with foliar fertilizers is an important alternative to reduce the production costs without negatively affecting the control of leprosis mite. However, spiroticlofen or cyflumetofen mixed with adjuvants reduce the effectiveness of these compounds to control of leprosis mite.

Keywords: *Brevipalpus yothersi*, Spreader sticker, Mineral oil, Spiroticlofen, Cyflumetofen.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mortalidade de fêmeas adultas do ácaro da leprose *Brevipalpus yothersi* aos 3, 7 e 12 dias após a aplicação (DAA) dos acaricidas (A) espiroclorfenol (AE) e (B) ciflumetofem (AC) isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone Silwet L-77 AG (CO) ou óleo mineral Agefix (OM) e/ou fertilizantes foliares [MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (FF)]. Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida e data de avaliação não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, $P < 0,05$). 17
- Figura 2.** Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar média durante o período de realização dos experimentos em pomar comercial de laranja-doce ‘Hamlin’ localizado na Fazenda Três Marias, da empresa Agroterenas S.A. Citrus, no município de São Pedro do Turvo (22°41’00” S, 49°43’50” O, 521 m de altitude) na região central do estado de São Paulo..... 21
- Figura 3.** Eficácia dos acaricidas (A) espiroclorfenol (AE) e (B) ciflumetofem (AC) utilizados isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone (CO) ou óleo mineral (OM) e/ou fertilizantes foliares [MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (FF)] no controle do ácaro da leprose em pomar comercial de laranja-doce ‘Hamlin’ aos 12, 20, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida e data de avaliação não diferem significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, $P < 0,05$). 22
- Figura 4.** Estimativa do período de recolonização do ácaro da leprose *Brevipalpus yothersi* em plantas de laranja-doce ‘Hamlin’ após a aplicação de acaricidas (A) espiroclorfenol (AE) e (B) ciflumetofem (AC) utilizados isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone (CO) ou óleo mineral (OM) e/ou fertilizantes foliares [MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (FF)]. Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida não diferem significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, $P < 0,05$). 23
- Figura 5.** Incidência de frutos sintomáticos de laranja-doce ‘Hamlin’ após a aplicação de acaricidas (A) espiroclorfenol (AE) e (B) ciflumetofem (AC) utilizados isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone (CO) ou óleo mineral (OM) e/ou fertilizantes foliares [MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (FF)] para o controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi*. Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida não diferem significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, $P < 0,05$). 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem, dos adjuvantes (copolímero de poliéster e silicone Silwet L-77 AG e óleo mineral Agefix) e fertilizantes foliares (MgSO ₄ , MnSO ₄ , ZnSO ₄ e ureia) utilizados nos experimentos de laboratório e de campo.....	9
Tabela 2. Aferição do pH da calda de pulverização e das condições climáticas no momento da pulverização dos tratamentos.....	14
Tabela 3. Níveis de infestação do ácaro da leprose <i>Brevipalpus yothersi</i> em frutos e ramos de laranjeira-doce ‘Hamlin’ registrados na pré-amostragem (PP) e aos 12, 20, 30, 45 e 60 dias após a aplicação dos acaricidas espirodiclofeno (AE) e ciflumetofem (AC) isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone (CO) ou óleo mineral (OM) e/ou fertilizantes foliares (MgSO ₄ , MnSO ₄ , ZnSO ₄ e ureia) (FF).....	20
Tabela 4. Estimativa de custos (US\$ ha ⁻¹) para aplicação de acaricidas isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares para o manejo do ácaro da leprose dos citros.....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.1. Criação de ácaros	8
2.2. Tratamentos.....	8
2.3. Local dos experimentos.....	10
2.4. Efeito de misturas de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares nos níveis de toxicidade aguda dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem para fêmeas adultas de <i>Brevipalpus yothersi</i> em laboratório	10
2.5. Efeito da mistura de adjuvantes e fertilizantes foliares na eficácia dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem para o controle do ácaro da leprose em campo	11
2.6. Estimativa do período para recolonização do ácaro da leprose nas áreas tratadas com espirodiclofeno ou ciflumetofem aplicados isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares ..	12
2.7. Estimativa do efeito de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares adicionados aos acaricidas na incidência de leprose nos frutos	13
2.8. Estimativa dos custos de aplicação de acaricidas isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares para o manejo do ácaro da leprose	13
2.9. Delineamento experimental e análise dos dados	15
3. RESULTADOS.....	16
3.1. Efeito de misturas de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares nos níveis de toxicidade aguda dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem para fêmeas adultas de <i>Brevipalpus yothersi</i> em laboratório	16
3.2. Efeito da mistura de adjuvantes e fertilizantes foliares na eficácia dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem para o controle do ácaro da leprose em campo	18
3.3. Estimativa do período para recolonização do ácaro da leprose nas áreas tratadas com espirodiclofeno ou ciflumetofem aplicados isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares ..	23
3.4. Efeito da adição de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares aos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem na incidência de leprose dos citros nos frutos.....	23
3.5. Estimativa dos custos de aplicação de acaricidas isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares para o manejo do ácaro da leprose	24
4. DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

Entre os segmentos do agronegócio, a citricultura é uma das principais atividades econômicas que contribui com a balança comercial, geração de empregos e relações comerciais com diversos países do mundo (Zulian et al., 2013; Neves & Trombini, 2017). No Brasil, a citricultura tem sido uma das principais atividades geradoras de divisas para o estado de São Paulo e sudoeste do Triângulo Mineiro (Fundo de Defesa da Citricultura, 2017). Na safra 2017/18 foram colhidas 398,35 milhões de caixas de 40,8 kg de laranjas em 415.232 mil hectares (Fundo de Defesa da Citricultura, 2018). Essas mesorregiões são constituídas por 349 municípios produtores, divididos em cinco microrregiões representadas pelos municípios de Bebedouro, São José do Rio Preto, Duartina, Limeira e Avaré. Nessas microrregiões são cultivadas predominantemente laranjeiras-doces [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Sapindales: Rutaceae)] das variedades Pera Rio (34%), Valência (29%), Hamlin (12%), Natal (11%) e outras (14%) (Fundecitrus de Defesa da Citricultura, 2017). Atualmente, o setor citrícola gera cerca de 200 mil empregos diretos e indiretos e produto interno bruto (PIB) de US\$ 6,5 bilhões de dólares em todos os elos da cadeia produtiva (FNP Consultoria & Comércio, 2017). O Brasil é responsável por 34% da produção e 61% do total de suco produzido no mundo. Além disso, o setor gera cerca de 189 milhões em impostos anualmente (Neves et al., 2010).

Apesar da elevada importância econômica da citricultura para o Brasil, a ocorrência de doenças e pragas tem sido um dos principais fatores que limitam o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas cítricas. Entre as doenças, a leprose dos citros é considerada a doença virótica mais importante da citricultura, devido aos danos causados as plantas cítricas e quantidade de recursos destinados para o seu controle. A incidência da doença pode ocasionar diminuição da capacidade produtiva, devido a abscisão de frutos, redução da longevidade das plantas e, até mesmo, a inviabilização econômica da atividade. Na safra 2016/2017, as perdas causadas pela doença foram de 0,62%, o que corresponde a aproximadamente 247 mil caixas de laranjas (Fundo de Defesa da Citricultura, 2018).

Após sua constatação em folhas da laranjeira-doce ‘Bahia’ (*C. sinensis*), em 1931, no município de Sorocaba, São Paulo (Bitancourt, 1934), a doença se disseminou rapidamente para as regiões mais quentes do Estado e, com o passar dos anos e mudanças nas regiões de cultivo de citros (plantios em direção ao Sul do Estado), a leprose também foi lentamente deslocando em direção às novas áreas de cultivo (Müller et al., 2005). A doença está presente em praticamente todas as regiões produtoras de citros do estado de São Paulo, mas com maior

incidência e severidade nas regiões Norte e Nordeste (Bassanezi et al., 2014; Amaral et al., 2018), provavelmente devido ao clima quente e com períodos de estiagem que favorecem o aumento populacional do ácaro (Bassanezi et al., 2002) e a disseminação da doença (Amaral et al., 2018).

A leprose dos citros é caracterizada por lesões locais em frutos, folhas e ramos, isto porque o vírus permanece restrito aos pontos de alimentação do ácaro e, suportamente, não coloniza sistemicamente a planta infectada (Kitajima et al., 1972; Bastianel et al., 2006). Nas folhas, as lesões são caracterizadas por manchas cloróticas, arredondadas, de 1 a 3 cm de diâmetro, tanto na face adaxial como na face abaxial, com ou sem centro necrótico e formação de goma no centro. Essas lesões se concentram próximas às nervuras e, quando em grande quantidade, provocam a queda das folhas. Nos frutos verdes, a princípio, as lesões são amareladas e, posteriormente, se tornam necróticas, marrons, lisas ou ligeiramente deprimidas, assimétricas, com 5 a 12 mm de diâmetro, com presença ocasional de rachaduras no centro e circundada por um halo amarelado (Bastianel et al., 2006; Bastianel et al., 2010). A medida que os frutos amadurecem, as lesões se tornam mais escuras e deprimidas e, dependendo da quantidade de lesões, principalmente próximas a região do pedúnculo, provocam a queda dos frutos. Nos ramos, as lesões iniciais são circulares e amareladas e, com o passar do tempo, se tornam corticosas, salientes, acinzentadas, pardas ou mesmo avermelhadas. À medida que as lesões se coalescem nos ramos, a casca se rompe, ficando com aspecto de descamação que, ao atingir grandes áreas, provocam a morte dos ramos (Rossetti, 2001).

Os sintomas da doença estão associados ao vírus não-sistêmico *Citrus leprosis virus* do tipo citoplasmático (CiLV-C e CiLV-C2) pertencente ao gênero *Cilevirus* (Kitajima et al., 1972; Bastianel et al., 2010; Locali-Fabris et al., 2006; Roy et al., 2015a). CiLV-C foi detectado entre as membranas das células cecal e glandular adjacentes do prossoma do ácaro vetor, mas não dentro delas, sugerindo ser um tipo de vírus persistente circulativo (Kitajima & Alberti, 2014). No entanto, o mecanismo pelo qual as partículas do CiLV-C se movem do intestino médio para a hemocele e canal do estilete dos ácaros ainda não foi completamente elucidado. Até 2015, a transmissão do vírus estava associada ao ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari Tenuipalpidae) (Jeppson et al., 1975; Childers et al., 2001; Childers & Derrick, 2003; Bastianel et al., 2006; Childers & Rodrigues, 2011; Salinas-Vargas et al., 2016). No entanto, estudos de biologia molecular revelaram que *B. phoenicis* é composto por um complexo de espécies (Beard et al., 2012), tendo *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari Tenuipalpidae) a espécie mais abundante (Mineiro et al., 2015) e responsável pela transmissão e disseminação do CiLV nos pomares cítricos (Roy et al., 2015b).

No Brasil, o ácaro da leprose está presente em todos os estados produtores de citros (Rodrigues & Oliveira, 2005; Mendonça & Silva, 2006), onde infesta diversas plantas hospedeiras, incluindo citros (Rodrigues et al., 2008; Kitajima & Alberti, 2014), cercas-vivas e quebra-ventos presentes ao redor dos pomares (Ulian & Oliveira, 2002; Maia & Oliveira, 2004). O ácaro da leprose também pode colonizar plantas invasoras que desenvolvem nas áreas adjacentes e no interior dos pomares (Andrade et al., 2012). Além dessas plantas hospedeiras, um estudo recente relatou a ocorrência de *B. yothersi* em lichia, maracujá, acerola, carambola, amora e seriguela (Mineiro et al., 2015).

O ácaro da leprose caracteriza-se por apresentar idiossoma achatado dorso-ventralmente, ter tamanho reduzido em relação aos ácaros tetraniquídeos e não tecem teia (Rodrigues & Oliveira, 2005). Tanto as fêmeas como os machos possuem coloração que varia do alaranjado ao avermelhado em função do substrato, da idade e da temperatura (Chiavegato, 1986). Os ovos são depositados de forma individualizada e preferencialmente em frutos, ramos e folhas com rugosidade, sintomas de verrugose, lesões (minas) causados por pragas, escamas de cochonilhas ou grânulos de poeira (Chiavegato, 1986; Albuquerque et al., 1997; Oliveira & Pattaro, 2008). Os ovos são elípticos, com aproximadamente 0,1 mm de comprimento, de coloração alaranjado-claro a alaranjado-vivo (Flechtmann et al., 1995). O período de incubação dos ovos varia de 7,5 a 10,4 dias sob temperatura de 23 °C (Amaral, 2016). Do ovo eclode uma larva hexápoda, de coloração alaranjada que se torna alaranjada-opaca quando desenvolvida (Flechtmann, 1983). A fase jovem do ácaro passa por quatro estádios de desenvolvimento ativos (larva, protoninfa, deutoninfa e adultos) e três imóveis (protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida) (Childers et al., 2001; Moraes & Flechtmann, 2008). Nas fases de protoninfa e deutoninfa possuem quatro pares de pernas, de coloração alaranjada e com áreas amarelas, pretas e verde-claras (Chiavegato, 1986).

A duração do estágio imaturo varia de 21,8 a 24,0 dias, dependendo da temperatura, umidade relativa do ar, variedade e qualidade da planta hospedeira (Amaral et al., 2018). Os adultos emergidos movimentam-se lentamente, o que facilita sua diferenciação de outros ácaros, principalmente predadores (Flechtmann et al., 1995; Parra et al., 2003). O período de pré-oviposição a 23 °C varia de 2,7 a 3,5 dias (Amaral et al., 2018). Em citros, as fêmeas depositam cerca de 21,0 ovos durante os 25 dias de sua longevidade (Amaral et al., 2018). Apesar de haver reprodução sexuada, o ácaro reproduz basicamente por partenogênese telítica, onde cada fêmea dá origem a novas fêmeas geneticamente semelhantes (Lal, 1978; Helle et al., 1980). Por isso, a proporção de machos na população é de 1 a 1,5% em relação a de fêmeas (Haramoto, 1969). Tanto as formas jovens como os adultos são capazes de adquirir e transmitir

o vírus, mas as larvas são mais eficientes na aquisição e transmissão do patógeno para as plantas cítricas (Childers, 1994). Entretanto, os adultos possuem maior mobilidade e longevidade e, por isso, são mais efetivos na disseminação do vírus entre as plantas (Oliveira, 1995). Apesar da possibilidade de transmissão transovariana ocorrer para *Brevipalpus obovatus* Donnadieu e *Brevipalpus californicus* (Banks) (Boaretto et al., 1993; Bastianel et al., 2010), para *B. yothersi* apenas a transmissão transestadial foi comprovada (Tassi et al., 2017). Assim, uma vez que as larvas adquirem o vírus, elas serão capazes de transmiti-lo durante todos os estádios de vida subsequentes.

Em citros, o ácaro da leprose ocorre preferencialmente em frutos, seguido por ramos e folhas (Bazzo, 2016). Nas plantas cítricas, os maiores níveis populacionais têm sido observados nos estratos inferior e médio das plantas devido as condições microclimáticas serem mais favoráveis ao estabelecimento e reprodução e menor vulnerabilidade da ação dos predadores (Chiavegato, 1986; Chiavegato & Kharfan, 1993). O monitoramento populacional do ácaro da leprose tem sido realizado por meio de inspeções visuais de diferentes estruturas da planta a cada 7 ou 15 dias, seguindo diferentes métodos de caminhamento de acordo com o sistema de plantio, topografia, idade da planta e disponibilidade de mão de obra. O tamanho da amostra também tem sido bastante variado. Apesar do período de maior incidência do vetor no pomar, ocorrer em períodos de menor precipitação, a inspeção de frutos e ramos de 1 a 2% das plantas dos talhões durante o ano todo tem sido uma prática comum para verificar a incidência e estimar os níveis populacionais do ácaro (Festuccia et al., 1995; Pinto et al., 1995; Rossetti et al., 1997; Gravena, 2005; Rodrigues & Oliveira, 2005; Yamamoto & Parra, 2005).

Durante a amostragem, o inspetor deve vistoriar a presença de ovos e formas móveis do ácaro da leprose em frutos com lesões de verrugose, nervuras das folhas, fendilhamentos de ramos lignificados e galerias feitas pelo minador dos citros [*Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae)], pois essas estruturas servem como abrigo e local de oviposição do ácaro (Oliveira, 1986; Nakano et al., 1987; Martinelli et al., 1976; Chiavegato, 1986; Albuquerque et al., 1995; Barreto & Pavan, 1995; Gravena, 2005). Para amostragem de frutos, o inspetor deve dar preferência para àqueles localizados no interior das plantas, pois nesses locais a deposição de gotas de pulverização com acaricidas tende a ser menor do que na parte externa das plantas (Ramos et al., 2007). As inspeções devem ser realizadas em 3 a 5 frutos ou partes da planta utilizando uma lente de no mínimo 10 vezes de aumento. Nos frutos também se recomenda a realização de diferentes visadas para verificar a presença do ácaro preferencialmente na região do pedúnculo (Gravena, 1992). O nível de controle do ácaro da leprose varia de 2 a 15% dos frutos ou ramos com presença do ácaro, dependendo da região, da

variedade, da infraestrutura e disponibilidade de mão de obra e da incidência do vírus da leprose nos pomares (Gravena, 2004; Miranda et al., 2017). No entanto, para aplicação de acaricidas, muitas vezes, os níveis de ação variam desde a simples detecção do ácaro nos pomares até mesmo elevadas porcentagens de infestação. Essa variação deve-se ao dimensionamento incorreto do número de pulverizadores, à agilidade no processo de aquisição do acaricida, à incidência do vírus da leprose nos pomares e ao tipo de amostragem da população do ácaro (Bassanezi, 2004).

O manejo da doença tem sido realizado basicamente com a utilização de mudas livres do vírus e do ácaro, podas de ramos e remoção de plantas infectadas, utilização de cercas-vivas com plantas não hospedeira, manejo de plantas daninhas hospedeiras, controle da circulação de pessoas e de materiais nos pomares e supressão populacional do ácaro vetor (Bastianel et al., 2010; Andrade et al., 2013; Miranda et al., 2017; Vechia et al., 2018). Embora o manejo integrado abranja a ação combinada e racional de diferentes táticas de controle com base no monitoramento populacional do ácaro, a utilização de acaricidas ainda é a principal tática de controle utilizada pelos citricultores para reduzir os níveis populacionais do ácaro vetor e a disseminação do CiLV-C nos pomares (Andrade et al., 2010a; Andrade et al., 2010b; Carvalho et al., 2014; Vechia et al., 2018).

Para o controle químico do ácaro da leprose existe uma lista diversificada de agrotóxicos com diferentes mecanismos de ação, grupos químicos e classes toxicológicas (Insecticide Resistance Action Committee, 2018). No entanto, grande parte dos acaricidas disponíveis no mercado brasileiro possuem baixa eficiência para o controle do ácaro da leprose (Miranda et al., 2017). Dos acaricidas registrados, apenas espiroclorfenol [inibidor da acetil coenzima A carboxilase, responsável pela biossíntese de lipídeos (Wachendorff et al., 2002; van Pottelberge et al., 2009)] e ciflumetofem [inibidor da cadeia respiratória do complexo II da mitocôndria (Hayashi et al., 2013)] apresentam eficiência satisfatória para o controle dessa praga. Os demais acaricidas registrados têm sido pouco utilizados devido baixa eficiência e seleção de populações resistentes do ácaro aos ingredientes ativos (Miranda et al., 2017).

Além da resistência, a baixa seletividade dos acaricidas aos ácaros predadores (Reis et al., 1998), a regulagem dos equipamentos de pulverização, o volume de calda utilizado, fenologia da planta, época e/ou momento da aplicação dos acaricidas, variedade, densidade populacional do ácaro, densidade de plantio, modo de ação dos acaricidas, condições climáticas no momento da aplicação e misturas de acaricidas com inseticidas, fungicidas, adjuvantes e fertilizantes foliares também podem contribuir para a redução da eficiência dos acaricidas no controle do ácaro da leprose (Oliveira, 1995; Andrade et al., 2010c; Andrade et al., 2013;

Carvalho et al., 2014; Vechia et al., 2018). O uso de acaricidas em misturas com outros ingredientes ativos tem sido frequentemente utilizado pelos citricultores para reduzir os custos de produção (Miranda et al., 2017), racionalizar o uso de água, diminuir a demanda de equipamentos de pulverização e otimizar a capacidade operacional nos sistemas de produção. De acordo com Andrade (1997), na citricultura existem mais de 120 combinações de misturas em tanque de pulverização envolvendo principalmente acaricidas com inseticidas, fungicidas, fertilizantes foliares e adjuvantes.

Os adjuvantes têm sido adicionados à calda de pulverização para desempenhar diversas funções, incluindo a ação tamponante, dispersante, emulsificante e espalhante adesivo visando diminuir a produção de espuma, reduzir as perdas por evaporação, volatilização e deriva dos ingredientes, modificar as características químicas e/ou físicas da solução, possibilitar maior afinidade das moléculas com o tecido vegetal e aumentar a eficiência dos produtos aplicados (Sticker, 1992; Hazen, 2000; Cunha & Alves, 2009). No entanto, a interação adjuvante e pesticidas é um processo complexo que envolve diversos aspectos físicos, químicos e fisiológicos (Ramsdale & Messersmih, 2001). Segundo Araújo & Raetano (2011), o uso de adjuvantes deve ser visto com cautela, pois os benefícios podem gerar incertezas devido ao uso incorreto ou pela falta de conhecimento da interação entre adjuvantes e os ingredientes ativos. Além disso, a adição de adjuvantes e fertilizantes foliares também podem alterar a efetividade dos acaricidas devido não somente as alterações provocadas no pH da calda (Baur et al., 1971; Moxness & Lym, 1989; Matuo & Matuo, 1995) e na condutividade elétrica (El-Attal et al., 1984; Farghaly et al., 2009), mas também pela incompatibilidade química e/ou física entre os produtos (Houghton, 1982).

Em citros, o uso de fertilizantes foliares em mistura com acaricidas tem sido amplamente utilizado pelos citricultores para aumentar a eficiência operacional e garantir a demanda nutricional das plantas. Entre os fertilizantes foliares, os sulfatos de cobre, magnésio, manganês e zinco, cloretos de zinco e de manganês, fosfito de potássio e ureia tem sido os mais utilizados nos pomares cítricos (Andrade et al., 2013). Além dos adjuvantes e fertilizantes foliares, o espectro de gotas, condições meteorológicas, pH da água, presença de impurezas e substâncias dissolvidas na água, potencial de aderência, cerosidade do tecido vegetal, estágio de desenvolvimento da cultura, ação direta ou indireta do produto e a ordem de diluição dos componentes nas misturas também podem afetar a ação dos acaricidas (Houghton, 1982; Sticker, 1992; Hock, 2004; Prado et al., 2011).

Diante disso, este estudo teve como objetivos: i) avaliar o efeito da adição de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares nos níveis de toxicidade aguda dos acaricidas espirodiclofeno e

ciflumetofem sobre *B. yothersi*; ii) avaliar o efeito da adição de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares na eficácia dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem para o controle do ácaro da leprose; iii) estimar o período de proteção das plantas contra a recolonização do ácaro proporcionado pelos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem aplicados isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares; iv) estimar os níveis de incidência de leprose nos frutos após a aplicação de acaricidas isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares e; v) estimar os custos de aplicação de acaricidas isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares. Os resultados deste estudo poderão contribuir não somente para a compreensão dos efeitos das misturas de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares na efetividade dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem, mas também para demonstrar as limitações e os benefícios do uso dessas misturas no controle do ácaro da leprose nos pomares cítricos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Criação de ácaros

A colônia de *B. yothersi* foi estabelecida a partir de espécimes fornecidos pelo Laboratório de Acarologia do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCAV/UNESP), Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Os espécimes foram coletados em frutos de laranjeira-doce 'Pera' [*Citrus sinensis* (L) Osbeck (Sapindales: Rutaceae)] enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' [*Citrus limonia* Osbeck (Sapindales: Rutaceae)] em um pomar experimental mantido sem aplicação de agrotóxicos 12 meses antes da coleta dos ácaros. Para os experimentos de laboratório foram utilizadas fêmeas adultas de *B. yothersi* provenientes de uma colônia mantida por diversas gerações em sala climatizada [temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa do ar (UR) de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas]. Para criação do ácaro, frutos de laranjeira-doce 'Pera' foram parcialmente revestidos com parafina para reduzir o processo de deterioração. Além disso, uma área de aproximadamente 10 cm² foi mantido sem parafina e circundada com cola entomológica (Tree Tanglefoot[®] Insect Barrier, The Scotts Company LLC, Oxford, Inglaterra) para servir de barreira de contenção aos ácaros (Chiavegato, 1986). Os frutos foram substituídos a cada 21 dias ou quando iniciavam o processo de deterioração. Para isso, as áreas sem parafina dos frutos com ácaros foram encostadas sobre as áreas sem parafina dos frutos sem ácaro para permitir a migração voluntária dos espécimes.

2.2. Tratamentos

Os acaricidas espiroclifeno (Envidor 240 SC, Bayer CropScience S.A., São Paulo, SP, Brasil) e ciflumetofem (Okay 200 SC, Iharabras S.A., Sorocaba, SP, Brasil) foram avaliados isoladamente ou em misturas com óleo mineral (Agefix, 920 g L⁻¹ de óleo mineral, Agecom Tecnologia & Sistemas, Ribeirão Preto, SP, Brasil) ou copolímero de poliéster e silicone [Silwet L-77 AG, 1000 g L⁻¹ de espalhante adesivo organossiliconado, Momentive Performance Material Indústria de Silicones Ltda., Itatiba, SP, Brasil] e/ou fertilizantes foliares [sulfato de magnésio (MgSO₄), sulfato de manganês (MnSO₄), sulfato de zinco (ZnSO₄) e ureia (45% N)]. Os tratamentos e concentrações (g ha⁻¹ ou kg ha⁻¹) utilizados nos experimentos estão listados na Tabela 1. Parcelas sem pulverização foram utilizadas como tratamento controle.

Tabela 1. Concentração dos acaricidas espirodiclofeno (Envidor 240 SC) e ciflumetofem (Okay 200 SC) (em g i.a. ha⁻¹), dos adjuvantes [óleo mineral (Agefix) ou copolímero de poliéster e silicone (Silwet L-77 AG) (em g i.a. ha⁻¹)] e fertilizantes foliares (MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia) (em kg ha⁻¹) utilizados nos experimentos de laboratório e de campo.

Tratamento	Concentração (g i.a. ha ⁻¹ ou kg ha ⁻¹)
Espirodiclofeno	202
Espirodiclofeno + Copolímero de poliéster e silicone	202 + 90,9
Espirodiclofeno + Óleo mineral	202 + 4600
Espirodiclofeno + Copolímero de poliéster e silicone + MgSO ₄ + MnSO ₄ + ZnSO ₄ + Ureia (45% N)	202 + 90,9 + 7 + 7 + 7 + 7
Espirodiclofeno + Óleo mineral + MgSO ₄ + MnSO ₄ + ZnSO ₄ + Ureia (45% N)	202 + 4600 + 7 + 7 + 7 + 7
Espirodiclofeno + MgSO ₄ + MnSO ₄ + ZnSO ₄ + Ureia (45% N)	202 + 7 + 7 + 7 + 7
Controle	-
Ciflumetofem	268
Ciflumetofem + Copolímero de poliéster e silicone	268 + 90,9
Ciflumetofem + Óleo mineral	268 + 4600
Ciflumetofem + Copolímero de poliéster e silicone + MgSO ₄ + MnSO ₄ + ZnSO ₄ + Ureia (45% N)	268 + 90,9 + 7 + 7 + 7 + 7
Ciflumetofem + Óleo mineral + MgSO ₄ + MnSO ₄ + ZnSO ₄ + Ureia (45% N)	268 + 4600 + 7 + 7 + 7 + 7
Ciflumetofem + MgSO ₄ + MnSO ₄ + ZnSO ₄ + Ureia (45% N)	268 + 7 + 7 + 7 + 7
Controle	-

2.3. Local dos experimentos

Os experimentos de laboratório foram realizados em sala climatizada (temperatura de 25 ± 2 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14L: 10E horas) no Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus). Os experimentos de campo foram realizados em um pomar comercial (~ 13,0 ha) de laranja-doce ‘Hamlin’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertados sobre citrumelo ‘Swingle’ [híbrido *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. (Japanese Bitter Orange) × *Citrus paradisi* Macf. (Grapefruit) (Rutaceae)] de nove anos de idade cultivados no espaçamento de $2,6 \times 6,8$ m (565 plantas ha^{-1}) na Fazenda Três Marias, da empresa Agroterenas S.A. Citrus, localizada no município de São Pedro do Turvo ($22^{\circ}41'00''$ S, $49^{\circ}43'50''$ O, 521 m de altitude) na região oeste do estado de São Paulo com infestação natural de *B. yothersi* e com alta incidência de CiLV. O volume médio de copa das plantas foi de $62,4$ m³ ($5,0$ m de altura × $4,8$ m de profundidade × $2,6$ m de largura).

2.4. Efeito de misturas de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares nos níveis de toxicidade aguda dos acaricidas espiroclifeno e ciflumetofem para fêmeas adultas de *Brevipalpus yothersi* em laboratório

O efeito de adjuvantes e fertilizantes foliares nos níveis de toxicidade aguda dos acaricidas sobre fêmeas adultas de *B. yothersi* foi avaliado em sala climatizada. Para isso, os acaricidas, adjuvantes e/ou fertilizantes foliares foram dissolvidos em água obedecendo a seguinte ordem: água desionizada, acaricida, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ureia, adjuvante e sulfato de magnésio. Após a dissolução dos produtos, folhas de laranja-doce ‘Hamlin’ foram pulverizadas com 2 mL de solução de um dos tratamentos em torre de Potter (Burkard Scientific, Uxbridge, Reino Unido), ajustada à pressão de $0,703$ kg cm^{-2} , propiciando deposição correspondente a $1,8 \pm 0,1$ mg de resíduo fresco por cm^2 de folha. Água desionizada foi utilizada como tratamento controle. Após a pulverização, as folhas foram mantidas em sala climatizada por duas horas para secagem dos resíduos. Decorrido esse período, arenas (unidades experimentais) foram feitas utilizando algodão hidrófilo em disco (Apolo Higiene e Beleza, Companhia Manufatora de Tecidos de Algodão, Cataguases, MG, Brasil) com uma abertura central de 5 cm de diâmetro e colocados sobre as folhas. As unidades experimentais foram colocadas sobre uma camada de espuma umedecida em bandejas plásticas ($29 \times 21 \times 6$ cm de comprimento, largura e altura, respectivamente). Após, 10 fêmeas adultas de *B. yothersi* foram transferidas de uma colônia mantida em condições laboratoriais para cada unidade

experimental. Para cada tratamento foram utilizadas 10 repetições e o experimento foi repetido duas vezes. O número de ácaros vivos e mortos em cada unidade experimental foi avaliado aos 3, 7 e 12 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Foram considerados mortos os ácaros que não apresentavam reação ao toque de um pincel fino. Fêmeas de cada unidade experimental aprisionadas na cola entomológica foram desconsideradas das análises. Com base nos dados de mortalidade, a toxicidade aguda de cada tratamento foi determinada.

2.5. Efeito da mistura de adjuvantes e fertilizantes foliares na eficácia dos acaricidas espiroclorfenol e ciflumetofem para o controle do ácaro da leprose em campo

A influência dos adjuvantes e fertilizantes foliares na eficácia dos acaricidas espiroclorfenol e ciflumetofem para o controle de *B. yotheresi* foi avaliada em um pomar comercial de laranja-doce ‘Hamlin’ com infestação natural do ácaro da leprose. Para isso, 50 plantas de laranja-doce distribuídas em cinco filas de 10 plantas foram utilizadas como unidade experimental (parcela). Antes da aplicação dos tratamentos, uma pré-amostragem foi realizada em cinco ramos de cada quadrante da planta e três frutos localizados na parte interna e externa da copa das plantas para caracterização do nível populacional inicial do ácaro da leprose em cada parcela. Para isso, seis plantas (duas plantas por linha) localizadas no centro de cada parcela foram aleatoriamente selecionadas, marcadas e utilizadas para avaliação. O número de ácaros presentes em 10 cm de comprimento de cada ramo e em toda a superfície dos frutos foi utilizado como critério para determinação dos níveis de infestação inicial do ácaro nas parcelas. Para contagem dos ácaros foi utilizada uma lupa de bolso com aumento de 10x. Plantas localizadas nas linhas laterais e nas extremidades de cada parcela foram utilizadas como bordadura. Feito isso, os acaricidas, adjuvantes e/ou fertilizantes foliares foram dissolvidos em água obedecendo a mesma ordem descrita no item 2.4. Além disso, um redutor de alcalinidade da água (200 g 4.000L⁻¹, Biomar Produtos Químicos Ltda., Tupã, São Paulo, Brasil) foi adicionado antes da adição dos componentes dos acaricidas, adjuvantes e/ou fertilizantes foliares para estabilização do pH da calda. O pH da calda foi aferido com um pHmetro digital Waterpool tipo caneta (Tabela 2). Após a dissolução, as parcelas foram pulverizadas com um turbo atomizador FMCopling modelo Guliver 4000 (FM Copling Ltda., Araraquara, SP) com defletor bilateral de 72 bicos (36 de cada lado) com pontas de cerâmica do tipo cone vazio AD-02 e difusor M134 (Magnojet Indústria Ltda., Ibaiti, PR, Brasil) tracionado por um trator New Holland TL85 (4 × 2 TDA) (New Holland Agrícola Ltda., Mogi das Cruzes, SP, Brasil).

Parcelas sem aplicação foram utilizadas como tratamento controle. Para pulverização dos tratamentos, o pulverizador foi calibrado para liberar um volume de calda correspondente a 100 mL m⁻³ de copa (3.360 L ha⁻¹) à velocidade de 1,5 km h⁻¹ e pressão de 160 lb pol⁻². Para cada tratamento foram utilizadas cinco repetições (parcelas) e o experimento foi repetido duas vezes. As condições meteorológicas no momento da aplicação (velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar média) e durante o período de avaliação (precipitação diária, temperatura e umidade relativa do ar média) dos experimentos também foram registradas por meio de uma estação meteorológica automática.

As avaliações foram realizadas aos 12, 20, 30, 45 e 60 dias após a pulverização (DAP) dos tratamentos, utilizando o mesmo procedimento descrito na pré-amostragem. A eficácia de controle (E_c) do ácaro proporcionada pelos tratamentos foi calculada com base no número médio de ácaros obtidos na pré-amostragem e nas avaliações realizadas após a pulverização dos tratamentos usando a fórmula $E_{c(\%)} = 1 - [(N_{ic} \times N_{ft}) / (N_{fc} \times N_{it})] \times 100$ proposta por Henderson & Tilton (1955), onde: N_{ic} = número médio de ácaros vivos registrados nos frutos e ramos no controle na pré-amostragem; N_{fc} = número médio de ácaros vivos registrados nos frutos e ramos no controle após a pulverização; N_{it} = número médio de ácaros vivos observados nos frutos e ramos no tratamento na pré-amostragem e N_{ft} = número médio de ácaros vivos observados nos frutos e ramos no tratamento após a pulverização. Além disso, a taxa instantânea de crescimento populacional (ri) do ácaro foi calculada utilizando-se a fórmula $ri = \ln (N_f/N_i) \Delta t$ proposta por Stark & Banks (2003), onde: N_f = número médio de ácaros vivos obtidos nas avaliações realizadas após a pulverização dos tratamentos; N_i = número médio de ácaros vivos obtidos na pré-amostragem e; Δt = tempo (em dias) decorrido entre a pré-amostragem e a avaliação após a pulverização dos tratamentos. Valores positivos e negativos de ri indicam um incremento e um decréscimo na população do ácaro, respectivamente, enquanto que, valores de $ri = 0$ indicam que a população do ácaro se manteve estável durante o período de avaliação.

2.6. Estimativa do período para recolonização do ácaro da leprose nas áreas tratadas com espiroclorfenol ou ciflumetofem aplicados isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares

O período para recolonização do ácaro nas plantas tratadas com espiroclorfenol ou ciflumetofem aplicados isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares foi determinado no mesmo pomar comercial de laranjeira-doce ‘Hamlin’ utilizado para avaliar a eficácia dos tratamentos (item 2.5). Antes da pulverização dos tratamentos, uma pré-

amostragem foi realizada nos ramos e frutos para caracterizar os níveis de infestação inicial do ácaro da leprose nas parcelas conforme descrito no item 2.5. Feito isso, as plantas de cada parcela foram pulverizadas com um dos tratamentos seguindo o mesmo procedimento e critério descrito no item 2.5. Para cada tratamento foram utilizadas cinco parcelas e o experimento foi repetido duas vezes. As inspeções foram realizadas aos 12, 20, 30, 45 e 60 dias após a aplicação dos tratamentos, utilizando o mesmo procedimento descrito no item 2.5. O período de recolonização do ácaro foi determinado com base no período entre a pulverização e a detecção de pelo menos uma forma móvel do ácaro da leprose em 5% dos ramos e/ou frutos amostrados.

2.7. Estimativa do efeito de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares adicionados aos acaricidas na incidência de leprose nos frutos

Para estimar a incidência de leprose nos frutos, 60 frutos foram aleatoriamente colhidos nas seis plantas centrais de cada parcela. Após a colheita, o epicarpo dos frutos foi visualmente avaliado para verificar a presença de sintomas da doença. A porcentagem de frutos com sintomas da doença em cada tratamento foi determinada com base no número de frutos com a presença de pelo menos uma lesão da doença e o número total de frutos colhidos.

2.8. Estimativa dos custos de aplicação de acaricidas isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares para o manejo do ácaro da leprose

Para análise dos custos de aplicação de cada tratamento foram considerados os valores em dólar (US\$/ha) no momento da aquisição dos insumos (US\$ 1,00 = R\$ 3,50) para os acaricidas, adjuvantes, fertilizantes foliares. Além disso, foi considerado o custo da hora-máquina (salário e encargos do tratorista, combustíveis e depreciação, manutenção e rendimento operacional para cada operação) e outros (custos de transporte da calda e de insumos até local de aplicação no pomar) para cada tratamento.

Tabela 2. Aferição do pH da calda de pulverização e das condições climáticas no momento da pulverização dos tratamentos.

Tratamento	pH da calda de pulverização					Condições climáticas aferidas no momento da pulverização		
	Água pura	Água + reductil ¹	Água + reductil + acaricida	Água + reductil + acaricida + adjuvante	Água + reductil + acaricida + fertilizantes	Velocidade do vento (km h ⁻¹)	Temperatura (°C)	Umidade relativa do ar (%)
AE	8,5	5,8	5,7	-	-	4,0	27	70
AE + CO	8,5	5,8	-	5,7	-	3,0	30	62
AE + OM	7,0	5,6	-	4,7	-	4,0	33	52
AE + CO + FF	7,6	5,4	-	-	4,8	3,0	25	75
AE + OM + FF	7,4	5,2	-	-	4,2	3,0	29	65
AE + FF	7,5	5,6	-	-	4,7	5,0	24	73
AC	7,0	5,2	5,2	-	-	4,0	27	70
Controle	-	-	-	-	-	-	-	-
AC + CO	7,0	5,3	-	5,1	-	3,0	31	58
AC + OM	7,0	5,8	-	4,9	-	4,0	31	58
AC + CO + FF	7,5	4,8	-	-	4,1	3,0	25	75
AC + OM + FF	7,4	5,2	-	-	4,2	3,0	30	61
AC + FF	7,5	5,6	-	-	4,9	5,0	24	73
Controle	-	-	-	-	-	-	-	-

¹Redutor de alcalinidade da água (200 g 4.000L⁻¹, Biomar Produtos Químicos Ltda., Tupã, São Paulo, Brasil); AE = acaricida espirodiclofeno (202 g i.a. ha⁻¹); AC = acaricida ciflumetofem (268 g i.a. ha⁻¹); OM = óleo mineral (Agefix) (4.600 g i.a. ha⁻¹); CO = copolímero de poliéter e silicone (Silwet L-77 AG) (90,9 g i.a. ha⁻¹) e FF = fertilizantes foliares [MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (45% N) (7 kg i.a. ha⁻¹ de cada fertilizante foliar)].

2.9. Delineamento experimental e análise dos dados

Os experimentos de laboratório foram realizados no delineamento inteiramente casualizado, enquanto que, os experimentos de campo foram realizados no delineamento em blocos com parcelas casualizadas. Modelos lineares generalizados (GLM) (Nelder & Wedderburn, 1972) com distribuição do tipo quase-binomial, quase-Poisson e Gaussiana foram utilizados para análise dos dados de proporção (mortalidade de adultos – experimento 2.2.1), contagem (número de ácaros nos frutos e ramos nos experimentos de campo – experimento 2.2.2) e da porcentagem de redução populacional (experimento 2.2.2), período de recolonização do ácaro nas plantas (experimento 2.2.3) e porcentagem de frutos com incidência de leprose (experimento 2.2.4), respectivamente. A qualidade do ajuste foi verificada pelo gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação (Demétrio et al., 2014). Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, comparações múltiplas (teste de Tukey, $P < 0,05$) foram feitas usando a função "*glht*" do pacote "*multcomp*" com ajuste dos valores de P . Nos casos em que houve dependência dos erros (período de proteção efetivo das plantas), os dados foram analisados por meio de modelos lineares generalizados mistos (GLMM) utilizando o pacote "*lme4*" (Bates et al., 2015). Todas as análises foram feitas usando o software estatístico "*R*", versão 3.4.4 (R Development Core Team, 2018).

3. RESULTADOS

3.1. Efeito de misturas de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares nos níveis de toxicidade aguda dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem para fêmeas adultas de *Brevipalpus yothersi* em laboratório

Para espirodiclofeno, os resultados indicaram que os níveis de toxicidade aguda foram significativamente influenciados pela adição de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares e pelo tempo de exposição dos ácaros aos compostos ($\chi^2 = 231,610$; *g.l.* = 1; $P < 0,0001$) (Figura 1A). Na avaliação realizada aos 3 dias após a aplicação (DAA), a maior mortalidade de fêmeas de *B. yothersi* foi observada nos tratamentos utilizando espirodiclofeno (AE) ou espirodiclofeno + fertilizantes foliares (AE + FF) ($F = 19,246$; *g.l.* = 6, 63; $P < 0,0001$) (Figura 1A). Porém, nas avaliações realizadas aos 7 DAA ($F = 11,600$; *g.l.* = 6, 63; $P < 0,0001$) e 12 DAA ($F = 10,832$; *g.l.* = 6, 63; $P < 0,0001$), apenas AE proporcionou mortalidade de fêmeas significativamente maior do que os tratamentos utilizando espirodiclofeno + copolímero de poliéster e silicone (AE + CO), espirodiclofeno + óleo mineral (AE + OM) e o tratamento controle (Figura 1A). Níveis de mortalidade similares ao espirodiclofeno foram também registrados para fêmeas tratadas com espirodiclofeno + copolímero de poliéster e silicone + fertilizantes foliares (AE + CO + FF) e espirodiclofeno + óleo mineral + fertilizantes foliares (AE + OM + FF) aos 7 e 12 DAA, respectivamente (Figura 1A).

Da mesma forma, níveis de toxicidade aguda dependentes do tratamento e do tempo de exposição dos ácaros aos resíduos foram registrados nos tratamentos utilizando o acaricida ciflumetofem ($\chi^2 = 189,511$; *g.l.* = 1; $P < 0,0001$) (Figura 1B). Aos 3 DAA, a aplicação de ciflumetofem (AC) e ciflumetofem + fertilizantes (AC + FF) proporcionou os maiores níveis de mortalidade de fêmeas de *B. yothersi* em relação aos tratamentos utilizando ciflumetofem + copolímero de poliéster e silicone (AC + CO), ciflumetofem + óleo mineral (AC + OM) e o tratamento controle ($F = 11,246$; *g.l.* = 6, 63; $P < 0,0001$). Nas avaliações realizadas aos 7 DAA ($F = 20,155$; *g.l.* = 6, 63; $P < 0,0001$) e 12 DAA ($F = 20,155$; *g.l.* = 6, 63; $P < 0,0001$), fêmeas tratadas com AC e AC + FF tiveram os maiores níveis de mortalidade quando comparado as fêmeas expostas aos resíduos de AC + CO, AC + OM e o tratamento controle ($F = 26,347$; *g.l.* = 6, 63; $P < 0,0001$). No entanto, níveis de mortalidade similares ao ciflumetofem foram observados para fêmeas tratadas com ciflumetofem + copolímero de poliéster e silicone +

fertilizantes foliares (AC + CO + FF) e ciflumetofem + óleo mineral + fertilizantes foliares (AC + OM + FF) aos 7 e 12 DAA, respectivamente (Figura 1B).

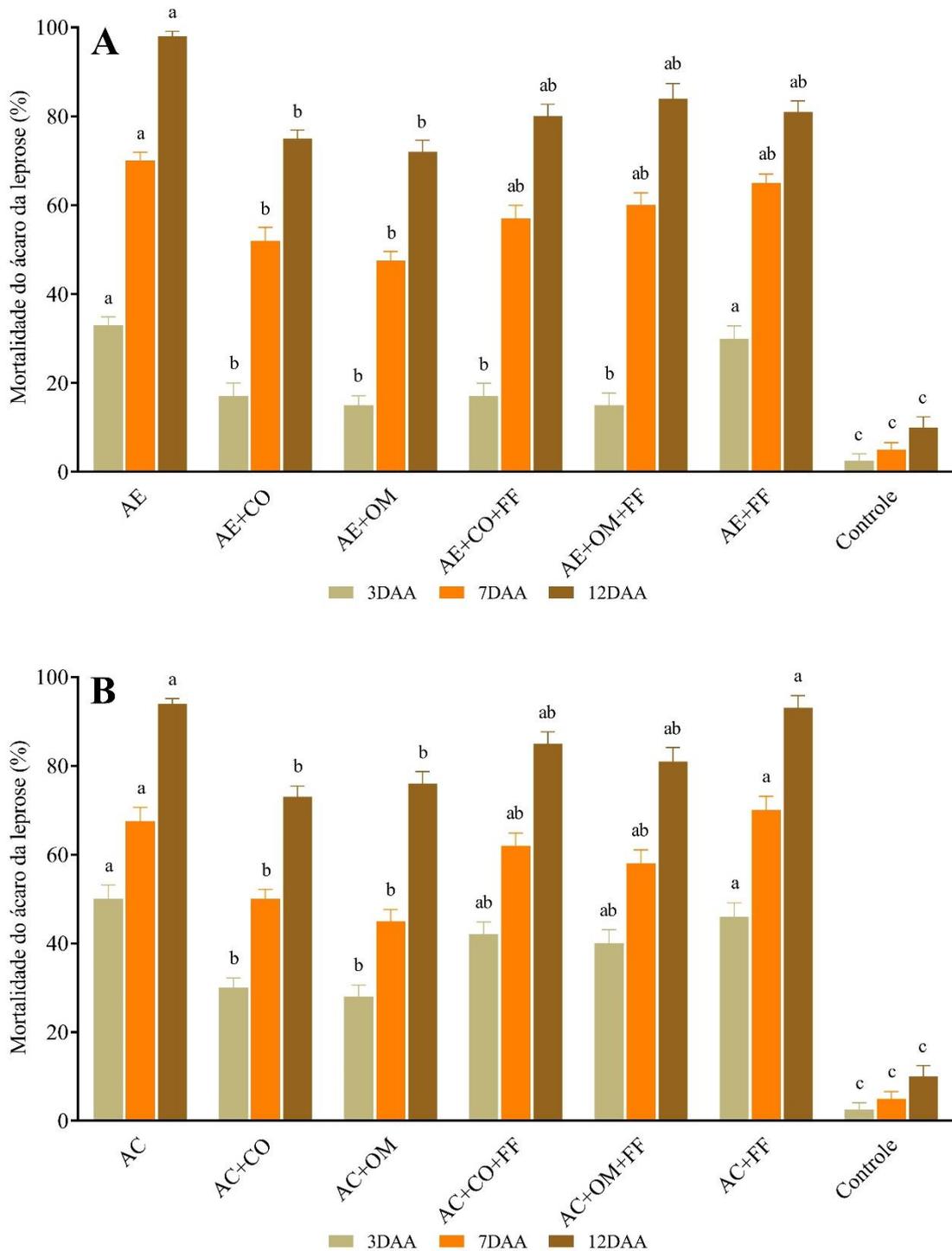


Figura 1. Mortalidade de fêmeas adultas do ácaro da leprose *Brevipalpus yothersi* aos 3, 7 e 12 dias após a aplicação (DAA) dos acaricidas (A) espirodiclofeno (AE) e (B) ciflumetofem (AC) isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone Silwet L-77 AG (CO) ou óleo mineral Agefix (OM) e/ou fertilizantes foliares [$MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia (FF)]. Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida e data de avaliação não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, $P < 0,05$).

3.2. Efeito da mistura de adjuvantes e fertilizantes foliares na eficácia dos acaricidas espiroclifeno e ciflumetofem para o controle do ácaro da leprose em campo

No experimento realizado em pomar comercial de laranja-doce ‘Hamlin’, nenhuma diferença significativa foi observada na amostragem realizada antes da aplicação dos tratamentos (pré-amostragem), demonstrando que as plantas utilizadas como unidade experimental nos experimentos apresentavam alta similaridade em relação aos níveis de infestação do ácaro da leprose (Tabela 3). No entanto, após a aplicação dos tratamentos, interação significativa foi registrada entre tratamento e tempo (dias após a aplicação), indicando uma redução nos níveis de eficiência de controle do ácaro ao longo do tempo ($\chi^2 = 331,610$; *g.l.* = 4; $P < 0,0001$). A estimativa da taxa instantânea de crescimento populacional (*ri*) indicou pronunciada redução (valores de $ri < 0$) nos níveis populacionais do ácaro ao longo do tempo para todos os tratamentos testados.

Na avaliação realizada aos 12 DAA, todos os tratamentos reduziram significativamente os níveis de infestação do ácaro da leprose sobre as plantas em comparação ao controle. No entanto, uma redução de aproximadamente duas vezes nos níveis populacionais do ácaro também foi observado no tratamento controle. Esta redução está associada a ocorrência de chuvas aos 2, 8 e 10 dias após a aplicação dos tratamentos (Figura 2). Entre os tratamentos avaliados, a maior redução populacional foi observado em plantas tratadas com AE, AE + FF, AC e AC + FF (Tabela 3). Aos 20 DAA, plantas tratadas com AE, AE + FF, AC e AC + FF tiveram os menores níveis de infestação do ácaro quando comparado as plantas tratadas com os demais tratamentos. Níveis de infestação intermediários (1,15–2,30 ácaros por ramo e/ou fruto) foram registrados nos tratamentos utilizando AE + CO, AE + OM, AE + CO + FF, AE + OM + FF, AC + CO, AC + OM, AC + CO + FF e AC + OM + FF. Resultados similares foram observados na avaliação realizadas aos 30 DAA, onde os menores níveis de infestação do ácaro da leprose foram registrados em plantas tratadas com AE, AE + FF, AC e AC + FF em relação àquelas tratadas com AE + CO, AE + OM, AE + CO + FF, AE + OM + FF, AC + CO, AC + OM, AC + CO + FF e AC + OM + FF.

Redução significativa na população do ácaro também foi observada na avaliação realizada aos 45 DAA dos tratamentos utilizando espiroclifeno ou ciflumetofem isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares. Entre os tratamentos, a aplicação de espiroclifeno isoladamente resultou no menor nível de infestação do ácaro em comparação as plantas tratadas com espiroclifeno + adjuvantes e/ou fertilizantes foliares

(exceto para AE + FF). Na avaliação final (60 DAA), apenas os tratamentos utilizando AE, AE + OM + FF, AE + FF, AC, AC + CO + FF, AC + OM + FF e AC + FF proporcionaram redução na população do ácaro da leprose em relação ao tratamento controle.

Com base na eficiência controle do ácaro da leprose, os resultados indicaram que a aplicação de AE e AE + FF proporcionaram os maiores níveis de redução populacional do ácaro em relação aos tratamentos utilizando AE + OM, aos 12 DAA ($F = 13,002$; $g.l. = 12, 52$; $P < 0,0001$) (Figura 3A). No entanto, eficiência de 64 a 67% foi registrado nos tratamentos utilizando AE + CO, AE + CO + FF e AE + OM + FF. Nas avaliações realizadas aos 20 ($F = 12,321$; $g.l. = 5, 24$; $P < 0,0001$), 30 ($F = 17,665$; $g.l. = 5, 24$; $P < 0,0001$) e 45 DAA ($F = 13,482$; $g.l. = 5, 24$; $P < 0,0001$), a maior eficiência de controle foi observada em plantas tratadas com AE, diferindo significativamente das plantas tratadas com AE + CO, AE + OM, AE + CO + FF e AE + OM + FF. No entanto, eficiência de controle similar ao obtido no tratamento AE foi registrado em plantas tratadas com AE + FF nas avaliações realizadas aos 20, 30 e 45 DAA. Na avaliação final (60 DAA), apenas AE e AE + FF proporcionaram eficiência de controle de 45 a 55%, respectivamente.

Da mesma forma, a aplicação de AC e AC + FF resultou na maior eficiência de controle do ácaro em comparação aos tratamentos utilizando AC + CO e AC + OM, aos 12 DAA ($F = 13,002$; $g.l. = 5, 24$; $P < 0,0001$) (Figura 3B). No entanto, eficácia de 62 e 64% foi registrado nos tratamentos utilizando AC + CO + FF e AC + OM + FF. Nas avaliações realizadas aos 20 ($F = 14,698$; $g.l. = 5, 24$; $P < 0,0001$) e 30 DAA ($F = 11,256$; $g.l. = 5, 24$; $P < 0,0001$), apenas AC e AC + FF proporcionaram alta eficiência de controle do ácaro da leprose. Porém, aos 45 DAA, todos os tratamentos apresentaram pronunciada redução na efetividade de controle do ácaro da leprose. Mesmo assim, os maiores níveis de eficiência de controle do ácaro foram registradas em plantas tratadas com AC, diferindo significativamente das plantas tratadas com AC + CO, AC + OM, AC + CO + FF e AC + OM + FF aos 45 ($F = 13,768$; $g.l. = 5, 24$; $P < 0,0001$) e 60 DAA ($F = 9,401$; $g.l. = 5, 24$; $P < 0,0001$). Por outro lado, nível de eficiência similar ao tratamento AC foi obtido em plantas tratadas com a mistura de AC + FF.

Tabela 3. Níveis de infestação do ácaro da leprose *Brevipalpus yothersi* em frutos e ramos de laranja-doce ‘Hamlin’ registrados na pré-amostragem (PP) e aos 12, 20, 30, 45 e 60 dias após a aplicação dos acaricidas espirodiclofeno (AE) e ciflumetofem (AC) isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone (CO) ou óleo mineral (OM) e/ou fertilizantes foliares (MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (FF)).

Tratamento	Número médio de ácaro por fruto e/ou ramo (NAF/R) ¹ /Dias após a aplicação (DAA)											
	PP		12		20		30		45		60	
	NAF/R	NAF/R	<i>ri</i> ²	NAF/R	<i>ri</i>	NAF/R	<i>ri</i>	NAF/R	<i>ri</i>	NAF/R	<i>ri</i>	
AE	5,9 ± 0,65 a	0,75 ± 0,12 c	-0,172	0,12 ± 0,22 d	-0,195	0,44 ± 0,24 d	-0,087	1,51 ± 0,17 d	-0,030	2,30 ± 0,18 b	-0,016	
AE + CO	5,1 ± 0,54 a	0,90 ± 0,22 bc	-0,145	1,69 ± 0,30 b	-0,055	2,20 ± 0,29 b	-0,028	2,90 ± 0,30 b	-0,013	3,45 ± 0,27 ab	-0,007	
AE + OM	5,7 ± 0,54 a	1,40 ± 0,20 bc	-0,117	2,15 ± 0,20 b	-0,049	2,31 ± 0,22 b	-0,030	3,10 ± 0,25 b	-0,014	3,43 ± 0,26 ab	-0,008	
AE + CO + FF	5,2 ± 0,53 a	0,80 ± 0,08 bc	-0,156	1,30 ± 0,08 c	-0,069	1,34 ± 0,10 c	-0,045	2,15 ± 0,23 c	-0,020	2,97 ± 0,21 b	-0,009	
AE + OM + FF	5,3 ± 0,51 a	1,00 ± 0,10 bc	-0,139	1,15 ± 0,20 c	-0,076	1,45 ± 0,14 c	-0,043	2,30 ± 0,20 c	-0,019	3,30 ± 0,18 ab	-0,008	
AE + FF	5,2 ± 0,25 a	0,64 ± 0,14 c	-0,175	0,61 ± 0,14 d	-0,107	0,92 ± 0,04 d	-0,058	1,81 ± 0,14 cd	-0,024	2,40 ± 0,20 b	-0,013	
Controle	5,7 ± 0,38 a	3,00 ± 0,15 a	-0,053	3,31 ± 0,25 a	-0,027	3,51 ± 0,27 a	-0,016	3,91 ± 0,29 a	-0,008	4,05 ± 0,28 a	-0,006	
F	0,3198	5,8311		7,3312		7,7523		5,8455		3,5321		
g.l.	6, 203	6, 203		12, 377		12, 377		12, 377		12, 377		
Valor de <i>P</i>	0,8206	< 0,0001		< 0,0001		< 0,0001		< 0,0001		0,0120		
AC	5,2 ± 0,47 a	0,30 ± 0,13 c	-0,238	0,44 ± 0,13 d	-0,123	0,65 ± 0,10 c	-0,069	1,92 ± 0,20 c	-0,022	2,51 ± 0,27 b	-0,012	
AC + CO	5,7 ± 0,49 a	1,82 ± 0,35 b	-0,095	2,30 ± 0,35 b	-0,045	3,05 ± 0,20 a	-0,021	3,23 ± 0,22 b	-0,013	3,54 ± 0,25 ab	-0,008	
AC + OM	5,2 ± 0,58 a	1,43 ± 0,27 b	-0,108	1,90 ± 0,27 b	-0,050	2,18 ± 0,17 b	-0,029	3,18 ± 0,16 b	-0,011	3,35 ± 0,24 ab	-0,007	
AC + CO + FF	5,1 ± 0,25 a	1,17 ± 0,20 b	-0,123	1,41 ± 0,20 c	-0,064	1,65 ± 0,18 c	-0,038	2,95 ± 0,25 b	-0,012	2,80 ± 0,32 b	-0,010	
AC + OM + FF	5,8 ± 0,44 a	1,27 ± 0,18 b	-0,127	1,95 ± 0,18 bc	-0,055	1,91 ± 0,24 bc	-0,037	2,89 ± 0,20 b	-0,015	3,10 ± 0,24 b	-0,010	
AC + FF	5,1 ± 0,27 a	0,50 ± 0,22 c	-0,194	0,67 ± 0,22 d	-0,101	0,63 ± 0,12 c	-0,070	2,00 ± 0,12 c	-0,021	2,60 ± 0,39 b	-0,011	
Controle	5,7 ± 0,38 a	3,00 ± 0,25 a	-0,053	3,31 ± 0,25 a	-0,027	3,51 ± 0,27 a	-0,016	3,91 ± 0,29 a	-0,008	4,05 ± 0,28 a	-0,006	
F	0,4131	3,9623		11,2920		6,2557		4,9514		2,6807		
g.l.	6, 203	6, 203		6, 203		6, 203		6, 203		6, 203		
Valor de <i>P</i>	0,9583	< 0,0001		< 0,0001		< 0,0001		< 0,0001		0,0018		

¹Dados (média ± EP) seguidos pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida e data de avaliação não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, *P* < 0,05).

²Estimativa da taxa instantânea de crescimento populacional do ácaro da leprose conforme proposto por Stark e Banks (2003).

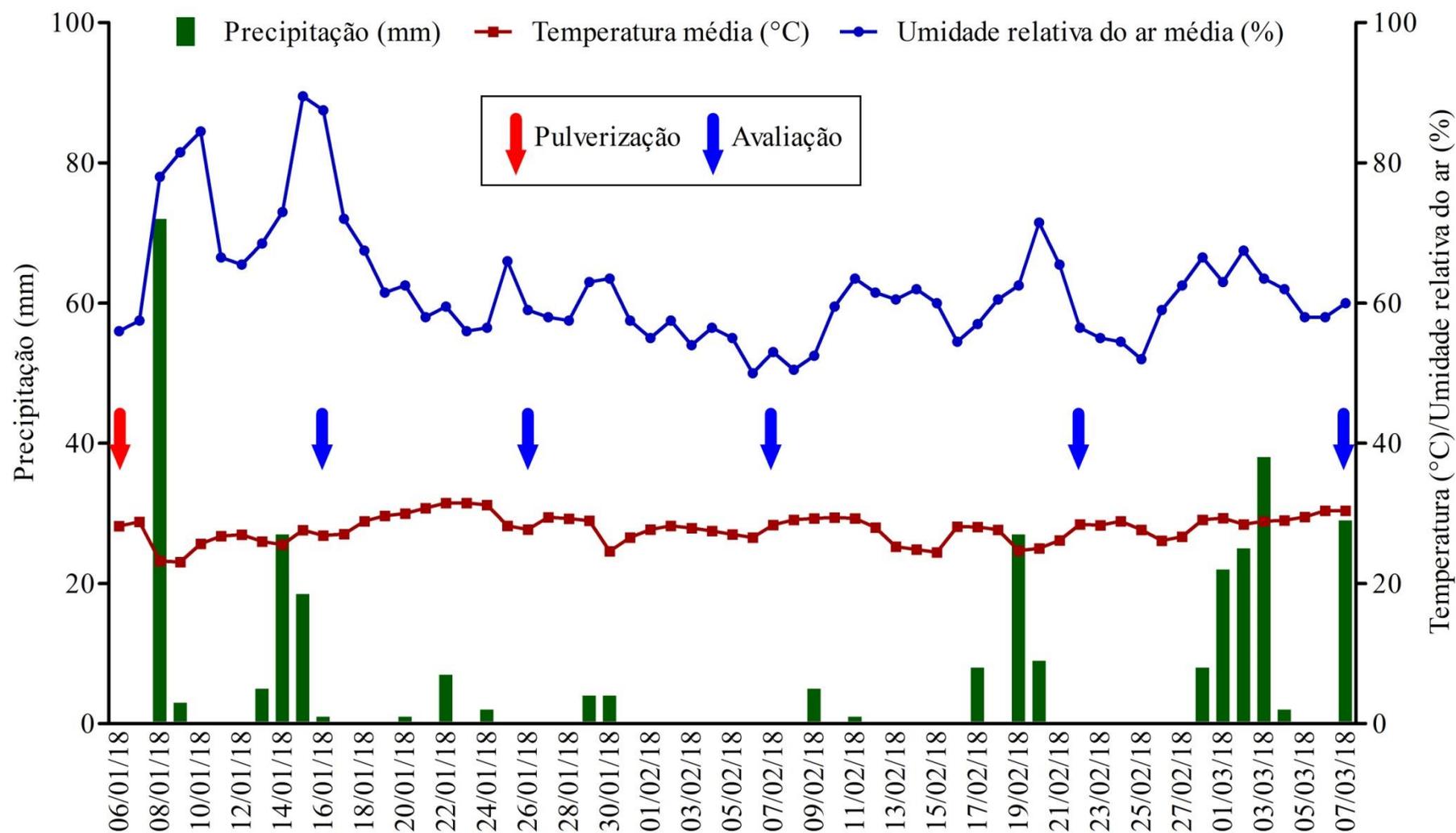


Figura 2. Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar média durante o período de realização dos experimentos em pomar comercial de laranja-doce ‘Hamlin’ localizado na Fazenda Três Marias, da empresa Agroterenas S.A. Citrus, no município de São Pedro do Turvo (22°41’00” S, 49°43’50” O, 521 m de altitude) na região oeste do estado de São Paulo.

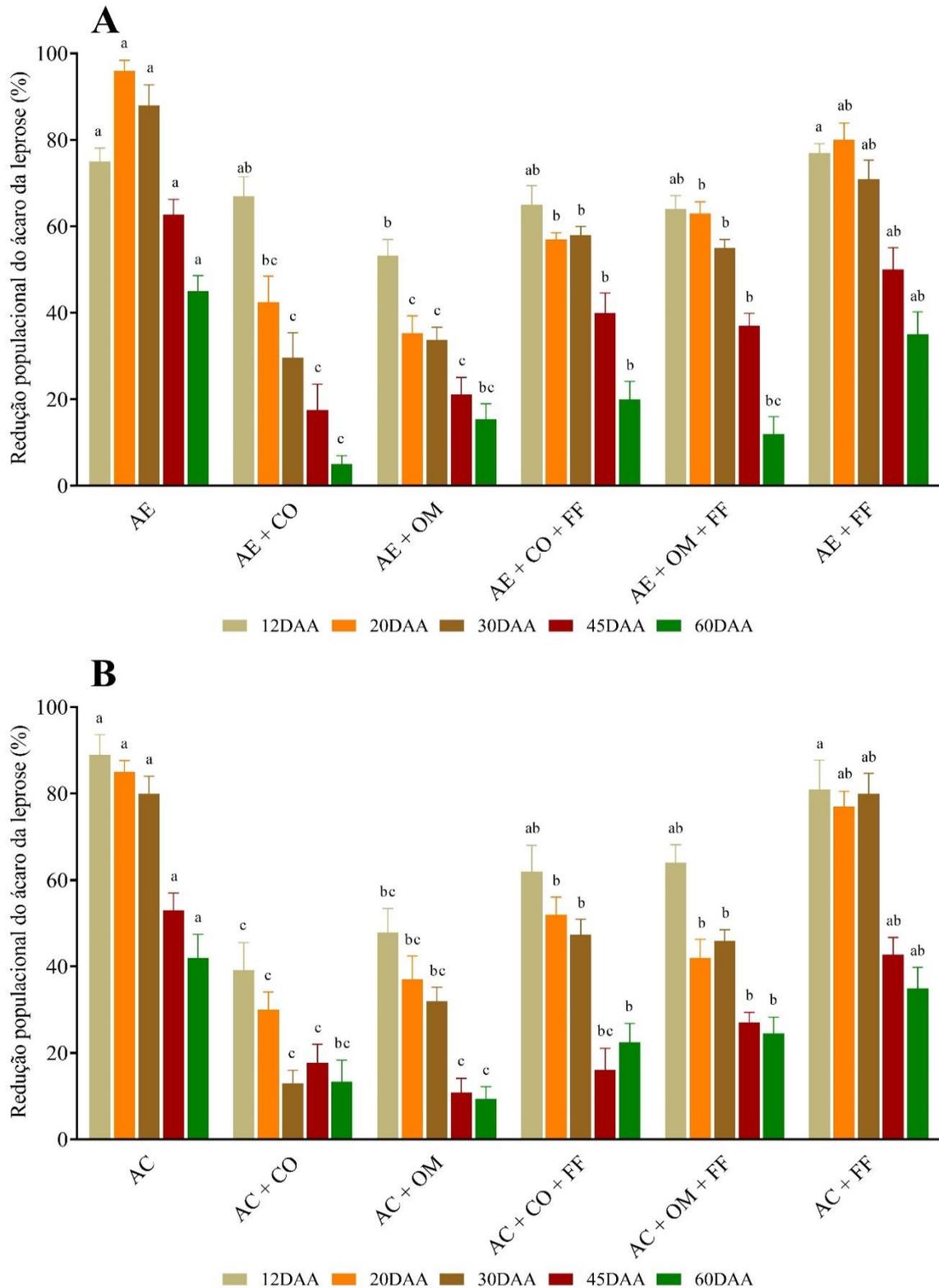


Figura 3. Eficácia dos acaricidas (A) espirodiclofeno (AE) e (B) ciflumetofem (AC) utilizados isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone (CO) ou óleo mineral (OM) e/ou fertilizantes foliares [$MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia (FF)] no controle do ácaro da leprose em pomar comercial de laranja-doce ‘Hamlin’ aos 12, 20, 30, 45 e 60 dias após a aplicação (DAA). Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida e data de avaliação não diferem significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, $P < 0,05$).

3.3. Estimativa do período para recolonização do ácaro da leprose nas áreas tratadas com espirodiclofeno ou ciflumetofem aplicados isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares

Com base na frequência de ramos e frutos com pelo menos uma forma móvel do ácaro de cada planta, o período de recolonização do ácaro da leprose foi estimado. Os resultados indicaram que a aplicação de espirodiclofeno ou ciflumetofem isoladamente ou em mistura com fertilizantes foliares proporcionou os maiores períodos de proteção das plantas contra a recolonização do ácaro (44–55 dias) (Figuras 4A e 4B). Por outro lado, a adição de adjuvantes (copolímero de poliéster e silicone ou óleo mineral) aos acaricidas espirodiclofeno ou ciflumetofem proporcionou os menores períodos para o restabelecimento do ácaro nas plantas (17–20 dias). As misturas utilizando espirodiclofeno e ciflumetofem, adjuvantes e fertilizantes foliares mantiveram a população do ácaro em níveis baixos por 30–37 dias após a aplicação.

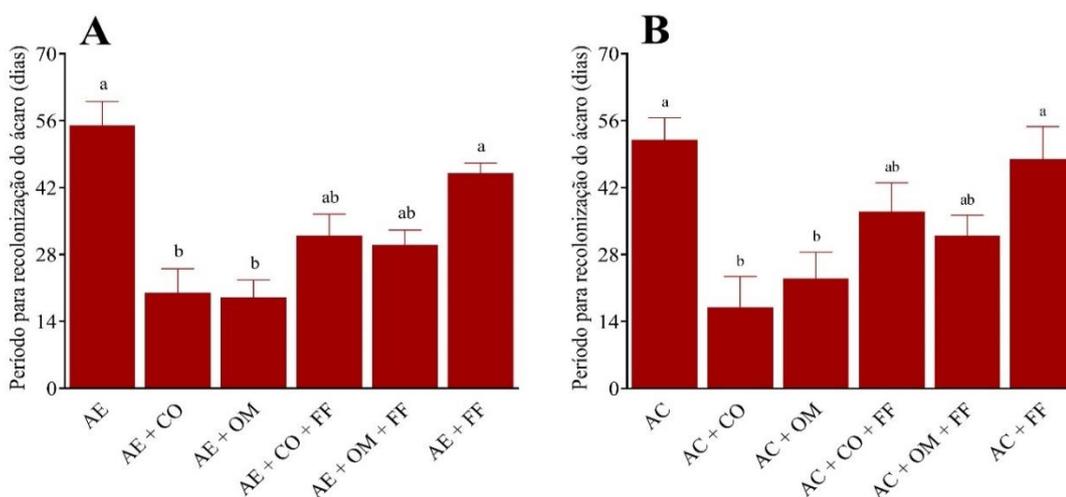


Figura 4. Estimativa do período de recolonização do ácaro da leprose *Brevipalpus yothersi* em plantas de laranjeira-doce ‘Hamlin’ após a aplicação de acaricidas (A) espirodiclofeno (AE) e (B) ciflumetofem (AC) utilizados isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone (CO) ou óleo mineral (OM) e/ou fertilizantes foliares [MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (FF)]. Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida não diferem significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, $P < 0,05$).

3.4. Efeito da adição de adjuvantes e/ou fertilizantes foliares aos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem na incidência de leprose dos citros nos frutos

Ao avaliar a incidência de leprose nos frutos de laranjeira-doce ‘Hamlin’, os resultados indicaram que todos os tratamentos utilizando espirodiclofeno ($F = 9,110$; $g.l. = 6, 28$; $P < 0,0001$) (Figura 5A) e ciflumetofem ($F = 11,532$; $g.l. = 6, 28$; $P < 0,0001$) (Figura 5B)

proporcionaram redução significativa na incidência de frutos sintomáticos quando comparado ao controle. No entanto, a maior redução na incidência de frutos sintomáticos foi observado nos tratamentos utilizando AE, AE + FF, AC e AC + FF em relação aos tratamentos AE + CO, AE + OM, AE + CO + FF, AE + OM + FF, AC + CO, AC + OM, AC + CO + FF, AC + OM + FF e o tratamento controle.

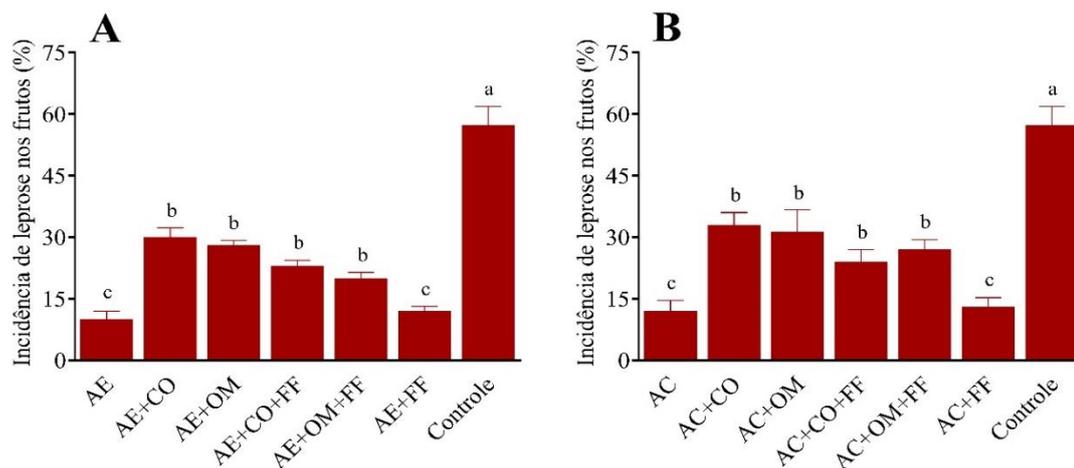


Figura 5. Incidência de frutos sintomáticos de laranjeira-doce ‘Hamlin’ após a aplicação de acaricidas (A) espirodiclofeno (AE) e (B) ciflumetofem (AC) utilizados isoladamente ou em mistura com o copolímero de poliéster e silicone (CO) ou óleo mineral (OM) e/ou fertilizantes foliares [MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (FF)] para o controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi*. Barras verticais nas colunas indicam o erro padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas para um mesmo acaricida não diferem significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por *post hoc* do teste de Tukey, $P < 0,05$).

3.5. Estimativa dos custos de aplicação de acaricidas isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares para o manejo do ácaro da leprose

A estimativa dos custos de aplicação indicou que a utilização de mistura em tanque de pulverização reduz os custos de manejo do ácaro da leprose nos pomares cítricos (Tabela 4). O custo de uma aplicação de espirodiclofeno ou ciflumetofem é de US\$ 80,83 e US\$ 70,98 por hectare, respectivamente, enquanto que, uma aplicação de fertilizante foliar gera um custo de US\$ 37,70 por hectare. No entanto, quando os acaricidas espirodiclofeno ou ciflumetofem foram utilizados em misturas com fertilizantes foliares, o custo de uma aplicação variou de US\$ 86,00 a US\$ 95,85 por hectare. Portanto, o custo de uma aplicação de espirodiclofeno ou ciflumetofem em misturas com fertilizantes foliares reduz em US\$ 22,70 por hectare. Além de reduzir os custos da aplicação, o uso de acaricidas em mistura com MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia em tanque de pulverização também contribui para o menor desgaste dos equipamentos, compactação do solo, consumo de água e demanda de mão de obra nas propriedades.

Tabela 4. Estimativa de custos (US\$ ha⁻¹) de aplicação de acaricidas isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares para o manejo do ácaro da leprose dos citros.

Tratamento	Custo (US\$ ha ⁻¹)							Total
	Acaricida	Adjuvante	Reductil ¹	Fertilizantes foliares (FF)	Mão de obra	Hora-máquina	Outros ²	
AE	45,33	-	4,32	-	1,79	24,78	4,61	80,83
AE + OM	45,33	6,07	4,32	-	1,79	24,78	4,61	86,90
AE + CO	45,33	2,55	4,32	-	1,79	24,78	4,61	83,38
AE + OM + FF	45,33	6,07	4,32	15,02	1,79	24,78	4,61	101,92
AE + CO + FF	45,33	2,55	4,32	15,02	1,79	24,78	4,61	98,4
AE + FF	45,33	-	4,32	15,02	1,79	24,78	4,61	95,85
AC	35,48	-	4,32	-	1,79	24,78	4,61	70,98
AC + OM	35,48	6,07	4,32	-	1,79	24,78	4,61	77,05
AC + CO	35,48	2,55	4,32	-	1,79	24,78	4,61	73,53
AC + OM + FF	35,48	6,07	4,32	15,02	1,79	24,78	4,61	92,07
AC + CO + FF	35,48	2,55	4,32	15,02	1,79	24,78	4,61	88,55
AC + FF	35,48	-	4,32	15,02	1,79	24,78	4,61	86,00
FF	-	-	-	15,02	1,79	17,31	3,58	37,70

¹Redutor de alcalinidade da água (200 g 4.000 L⁻¹, Biomar Produtos Químicos Ltda., Tupã, São Paulo, Brasil); AE = acaricida espiroclifeno (202 g i.a. ha⁻¹); AC = acaricida ciflumetofem (268 g i.a. ha⁻¹); OM = óleo mineral (Agefix) (4.600 g i.a. ha⁻¹); CO = copolímero de poliéster e silicone (Silwet L-77 AG) (90,9 g i.a. ha⁻¹) e FF = fertilizantes foliares [MgSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ e ureia (45% N) (7 kg i.a. ha⁻¹ de cada fertilizante foliar)].

²Custos de transporte da calda e de insumos até o pomar.

4. DISCUSSÃO

O controle químico tem sido um dos principais métodos de controle de pragas e doenças utilizados pelos citricultores nos pomares, devido à alta eficácia, facilidade de aplicação e ação rápida. No entanto, o uso deste método tem gerado aumento nos custos de produção em consequência do alto custo dos insumos, demanda por mão de obra e infraestrutura operacional nas propriedades (Rakes et al., 2017). Diante deste cenário, o uso de mistura de inseticidas, fungicidas, acaricidas, adjuvantes e fertilizantes foliares em tanque de pulverização tem sido uma prática comum entre os citricultores (Gazziero, 2015) na tentativa de reduzir os custos de produção, consumo de água e energia, otimização da infraestrutura da propriedade, redução no número de aplicações e o controle conjunto de pragas e doenças que ocorrem nos pomares cítricos. Todavia, a adoção desta técnica pode resultar na diminuição da eficácia dos produtos devido a incompatibilidade física e/ou química dos componentes da mistura (Ronchi et al., 2002; Castro, 2009; Petter et al., 2013; Rakes et al., 2017), aumento do número de aplicações anuais de acaricidas/inseticidas/fungicidas para o controle de pragas e doenças de plantas devido ao menor período de proteção das plantas proporcionado pelos produtos e, conseqüentemente, redução na sustentabilidade do sistema de produção (Croft, 1990).

Neste estudo, o efeito da adição de adjuvantes (copolímero de poliéster e silicone ou óleo mineral) e/ou de fertilizantes foliares ($MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia) aos acaricidas espiroclorfenol ou ciflumetofem para o manejo do ácaro da leprose dos citros foi investigada em condições laboratoriais e de campo. Em laboratório, os resultados indicaram que os níveis de mortalidade de fêmeas adultas de *B. yothersi* foram dependentes da mistura e do tempo de exposição dos ácaros aos produtos. Na avaliação realizada aos 3 DAA, todos os tratamentos utilizando espiroclorfenol e ciflumetofem causaram baixa mortalidade de fêmeas de *B. yothersi* ($\leq 50\%$). Baixos níveis de mortalidade também foram reportados por Reis et al. (2005), Silva et al. (2012) e Fuzita et al. (2014) em fêmeas do ácaro da leprose nos primeiros dias (2º e/ou 3º dia) após a aplicação de espiroclorfenol. A baixa toxicidade aguda deste acaricida às fêmeas está associada não somente ao modo de ação do espiroclorfenol (Wachendorff et al., 2002; Van Pottelberge et al., 2009) e ciflumetofem (Hayashi et al., 2013), mas também pelo maior grau de esclerotização da cutícula das fêmeas adultas (Moraes & Flechtmann, 2008), considerado a primeira barreira de defesa dos artrópodes contra agentes xenobióticos (Alberti & Coons, 1999). Esta explanação é suportada por Reis et al. (2005) que verificaram maiores níveis de

mortalidade em larvas do ácaro da leprose (mortalidade de 96%) tratadas com espiroclorfenol do que em ninfas (mortalidade de 43 a 52%) e fêmeas adultas (mortalidade de 19 a 22%).

Apesar da menor toxicidade aguda registrada aos 3 DAA, todos os tratamentos utilizando espiroclorfenol e ciflumetofem proporcionaram incremento na mortalidade do ácaro da leprose nas avaliações realizadas aos 7 e 12 DAA dos produtos. Entre os tratamentos testados, os menores níveis de mortalidade foram observados nos tratamentos utilizando adjuvantes e os acaricidas espiroclorfenol e ciflumetofem. Os adjuvantes são substâncias adicionadas à calda de pulverização para aumentar a afinidade dos componentes da mistura com a superfície foliar, permitir uma distribuição da calda mais homogênea sobre a superfície, garantir melhor cobertura da calda, aumentar a capacidade de retenção e eficácia dos produtos aplicados (Ferreira et al., 2013; Calore et al., 2014). Como relatado previamente, o aumento na cobertura do tecido foliar pelo rompimento da tensão superficial das gotas de pulverização proporcionado pelos adjuvantes e, conseqüentemente, maior risco de contaminação dos espécimes pelos acaricidas, não resultou em incremento nos níveis de mortalidade do ácaro pelos acaricidas. Possivelmente, este efeito está associado a uma incompatibilidade física e/ou química entre os componentes ativos e/ou inertes dos acaricidas com àqueles presentes nos adjuvantes. No entanto, estudos de compatibilidade devem ser realizados para verificar a interação física e/ou química dos adjuvantes com os acaricidas e sua atividade sobre ácaros praga.

Por sua vez, a adição de fertilizantes foliares na calda de pulverização não afetou a efetividade dos acaricidas. Da mesma forma, Andrade et al. (2013) verificaram, em condições laboratoriais, que a aplicação de fertilizantes foliares (cloreto de zinco, cloreto de manganês e ureia) associado aos acaricidas cihexatina, propargite ou acrinatrina não alterou os níveis de mortalidade de *B. yothersi*. Porém, a adição de cloreto de zinco e de manganês, sulfato de magnésio, fosfito de potássio aos acaricidas propargite e acrinatrina reduziram significativamente a mortalidade do ácaro. Campos-Neto et al. (1993) relataram uma redução na eficiência de propargite em mistura com enxofre quando comparado ao propargite aplicado isoladamente. Os diferentes níveis de controle do ácaro proporcionado pelas misturas de produtos em tanque de pulverização, especialmente àquelas envolvendo fertilizantes foliares tem sido uma preocupação frequente e recorrente dos citricultores e pesquisadores devido as alterações nas características físico-químicas dessas misturas (Andrade et al., 2013). Portanto, estudos que avaliam a interação das moléculas nas misturas são importantes para determinar os efeitos e as implicações do uso da técnica nos pomares cítricos.

Em pomar comercial de laranja-doce ‘Hamlin’, os resultados indicaram que a adição de adjuvantes reduziu acentuadamente a eficiência dos acaricidas espiroclorfenol e ciflumetofem no controle do ácaro da leprose em relação a aplicação desses acaricidas isoladamente ou em mistura com fertilizantes foliares. Esses resultados corroboram os obtidos por Childers & Selhime (1983) que verificaram uma redução na eficiência de óxido de fenbutatina aplicada em mistura com óleo mineral para o controle do ácaro *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead (Acari: Eriophyidae) em pomares cítricos. Da mesma forma, em pomares cítricos da Flórida (USA), Childers (1997) observou menor atividade biológica residual do acaricida piridabem aos ácaros *P. oleivora*, *Aculops pelekassi* (Keifer) (Acari: Eriophyidae), *Eutetranychus banksi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) e espécies do gênero *Brevipalpus* quando óleo mineral foi adicionado no tanque de pulverização do acaricida. Oliveira et al. (2003) verificaram uma diminuição nos níveis de controle do ácaro da leprose quando óleo vegetal foi adicionado a calda de pulverização dos acaricidas piridabem e cyhexatina.

Apesar dos efeitos negativos, o uso de adjuvantes pode ser importante para o estabelecimento e retenção das gotas da pulverização na superfície vegetal, principalmente quando as pulverizações são realizadas com baixos volumes de calda (Johnstone, 1973) e em períodos de maior incidência de chuvas (Sanches et al., 2018). Entretanto, no Brasil, as pulverizações de acaricidas para o manejo do ácaro da leprose são realizadas com altos volumes de calda (100 a 200 mL m⁻³ de copa) e, principalmente, durante os períodos secos do ano quando as condições climáticas são mais favoráveis ao desenvolvimento e reprodução do ácaro nos pomares (Bassanezi, 2018). Neste sentido, a adição de adjuvantes em sistemas de pulverização que utilizam altos volumes de calda tem sido bastante questionável devido as alterações físico-químicas e as perdas de calda causada pelo escoamento dos produtos aplicados (Ocampo-Ruiz & Matuo, 1994; Echer & Rosolem, 2012).

Entre as alterações físico-químicas observadas neste estudo, a adição de óleo mineral reduziu o pH da calda de pulverização. No entanto, o aumento na acidez da calda de pulverização proporcionado pelo óleo mineral não causou alterações nos níveis de eficiência dos acaricidas espiroclorfenol e ciflumetofem. Esses resultados corroboram os obtidos por Andrade (1997), que demonstrou nenhuma influência da redução do pH da calda de pulverização na efetividade dos acaricidas hexithiazox, óxido de fenbutatina e dicofol no controle do ácaro da leprose. Entretanto, o pH pode interferir na toxicologia de vários produtos fitossanitários devido ao aumento nas concentrações de íons H⁺ ou OH⁻ que reagem com os componentes da formulação dos produtos, causando a dissociação dos ingredientes

ativos/inertes, redução na estabilidade física das soluções, diminuição da concentração na calda e redução na sua toxicidade (Prado et al., 2011).

Além do escorrimento e das alterações do pH da calda de pulverização, os adjuvantes podem aumentar a afinidade das gotas da chuva com a superfície foliar, facilitando a remoção do acaricida pela lavagem do produto. Neste estudo, uma chuva de 71,5 mm ocorreu 2 DAA dos produtos. Portanto, é provável que esta chuva tenha removido grande parte dos ingredientes ativos depositados sobre os ramos, folhas e frutos das plantas cítricas, reduzindo o potencial de controle do ácaro da leprose pelos acaricidas. Decaro et al. (2016) demonstraram que 10 mm de chuva foi suficiente para diminuir significativamente a porcentagem de resíduos depositados sobre as folhas e a efetividade dos acaricidas. Apesar de reduzir a efetividade dos acaricidas, a chuva tem sido um dos principais fatores abióticos responsáveis pela supressão populacional do ácaro da leprose nos pomares cítricos. Em geral, estações chuvosas são menos favoráveis ao desenvolvimento e reprodução de *B. yothersi*.

Além da frequência de chuvas, o volume, a intensidade e o intervalo entre a aplicação do produto e a ocorrência de precipitação pluviométrica também alteram a solubilidade, a capacidade de retenção e as perdas dos produtos fitossanitários (Cabras et al., 2001; Decaro et al., 2016) e dos níveis populacionais do ácaro na cultura (Bassanezi et al., 2002). Por essas razões, o número de ácaros nos ramos e frutos foi menor na avaliação realizada aos 12 DAA do que àquela realizada na pré-amostragem em todos os tratamentos. Diante do exposto, pode-se inferir que a efetividade dos acaricidas aplicados isoladamente ou em misturas com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares no presente estudo tenha sido subestimada devido à alta redução populacional do ácaro registrada no tratamento controle após a chuva. A redução populacional do ácaro deve-se, em parte, a ação mecânica proporcionada pelo impacto das gotas da chuva em desalojar os ácaros dos ramos, folhas e frutos em direção ao solo. Além disso, a incidência de fungos entomopatogênicos pode ter contribuído para a redução populacional do ácaro sobre as plantas.

Mesmo assim, a aplicação de espiroclorfenol ou ciflumetofem associado aos adjuvantes (copolímero de poliéster e silicone ou óleo mineral) proporcionaram os menores períodos de proteção das plantas contra reinfestações do ácaro da leprose quando comparado aos tratamentos utilizando acaricidas isoladamente ou em mistura com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares. A adição de adjuvantes na calda acaricida não contribuiu para o aumento na persistência biológica dos acaricidas e do período de proteção das plantas contra infestações do ácaro. Similarmente, Oliveira et al. (1997) também verificaram que a adição de espalhante adesivo ao acaricida cihexatina não prolongou o período de proteção das plantas contra a

reincidência do ácaro da leprose. De acordo com esses autores, a adição de adjuvantes não proporcionou benefícios para o manejo populacional do ácaro nos pomares. O menor período de proteção das plantas requer maior disponibilidade de equipamentos e de mão de obra para reaplicação mais frequentes dessas misturas e maior demanda de recursos para manter os níveis populacionais da praga abaixo daqueles capazes de causar danos econômicos.

Por outro lado, a pulverização de espirodiclofeno e ciflumetofem isoladamente ou em misturas com fertilizantes foliares proporcionou os maiores períodos de proteção das plantas contra *B. yothersi*. Provavelmente, isso ocorreu devido a menor perda dos ingredientes ativos por escorrimento e pela alta atividade ovicida, larvicida e ninficida deste acaricida. Reis et al. (2005) verificaram que espirodiclofeno foi considerado altamente persistente (longo período de proteção) para larvas e ninfas de *B. phoenicis* e *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), moderadamente persistente para adultos de *B. phoenicis* (16 a 30 dias) e nenhuma atividade residual para adultos de *O. ilicis*. Apesar da baixa mortalidade de fêmeas adultas de *O. ilicis*, espirodiclofeno reduziu significativamente o número de larvas eclodidas dos ovos depositados pelas fêmeas. Da mesma forma, Zanardi et al. (2015) reportaram baixa letalidade de fêmeas (~50%) e eclodibilidade de larvas (< 10%) quando fêmeas de *P. citri* foram tratadas com espirodiclofeno. A alta mortalidade das formas jovens e a inviabilização dos ovos são consequências da inibição da biossíntese de lipídeos durante o processo de formação e desenvolvimento dos ovos nas fêmeas (Wachendorff et al., 2002). Por esta razão, não se deve esperar efeito imediato na redução populacional dos ácaros após a aplicação de espirodiclofeno (Reis et al., 2005).

A estimativa da porcentagem de frutos sintomáticos revelou que o número de frutos com pelo menos uma lesão de leprose foi significativamente maior nas plantas tratadas com espirodiclofeno e ciflumetofem associados aos adjuvantes do que àquelas pulverizadas com os acaricidas isoladamente ou em misturas com fertilizantes. Similarmente, Andrade et al. (2011) também demonstraram que aplicações de espirodiclofeno reduziu significativamente as perdas de frutos por leprose, demonstrando a alta efetividade deste acaricida para o controle do ácaro nos pomares. Apesar da proporção de ácaros infectivos nas plantas não ter sido analisado por técnicas moleculares, os resultados deste estudo indicam uma estreita relação entre os níveis de controle do ácaro proporcionado pelos acaricidas e a incidência de leprose nos frutos. Provavelmente, esta relação está associada a alta incidência de ácaros infectivos nas plantas da área experimental. Vale ressaltar que as aplicações de espirodiclofeno ou ciflumetofem isoladamente ou em associação com adjuvantes e/ou fertilizantes foliares não foram capazes de prevenir totalmente a incidência da doença. Entretanto, é provável que parte dos frutos

sintomáticos tenha sido infectado pelo vírus antes do início dos experimentos. De acordo com Bassanezi (2018), os sintomas da leprose em folhas aparecem de 17 a 60 dias após a transmissão do vírus pelo ácaro.

Ao estimarmos os custos para pulverização dos acaricidas espirodiclofeno ou ciflumetofem isoladamente ou em misturas com adjuvantes e fertilizantes foliares, os resultados indicaram que a aplicação de acaricidas com fertilizantes foliares reduziu os custos de produção. Além disso, reduz o volume de água utilizado, consumo de combustíveis fósseis e aproveitamento da mão de obra, fator econômico e ambiental de grande importância para os sistemas de produção de citros. Portanto, os resultados deste estudo sugerem que aplicações de espirodiclofeno ou ciflumetofem isoladamente ou em misturas com $MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia não comprometem a efetividade dos acaricidas para o controle do ácaro da leprose. Dessa forma, a aplicação desses acaricidas em mistura com fertilizantes foliares na pré-floração (maio/junho) e no período de manutenção do fluxo vegetativo das plantas (janeiro), cujo período também coincide com os menores índices pluviométricos ou de ocorrência de estiagens que favorecem o crescimento populacional do ácaro da leprose, pode ser uma alternativa importante para reduzir os custos de produção e garantir o manejo populacional da praga nos pomares. Entretanto, a adição do copolímero de poliéster e silicone ou óleo mineral reduziu a efetividade dos acaricidas espirodiclofeno ou ciflumetofem no controle do ácaro da leprose quando aplicado em altos volumes de calda de pulverização. Por isso, estudos com diferentes volumes de calda e adjuvantes devem ser realizados para verificar o efeito dessas misturas no manejo do ácaro da leprose nos pomares cítricos.

5. CONCLUSÕES

- Espirodiclofeno e ciflumetofem são altamente efetivos para o controle do ácaro da leprose *Brevipalpus yothersi*;
- A adição de adjuvantes (copolímero de poliéster e silicone ou do óleo mineral) à calda de pulverização reduz a eficácia dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem no controle do ácaro da leprose;
- A adição de fertilizantes foliares ($MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia) não altera a atividade biológica dos acaricidas espirodiclofeno e ciflumetofem para o controle do ácaro;
- A aplicação de espirodiclofeno e ciflumetofem isoladamente ou em mistura com fertilizantes foliares ($MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia) proporciona maior período de proteção das plantas cítricas contra a reinfestação do ácaro da leprose;
- A aplicação de espirodiclofeno ou ciflumetofem em mistura com adjuvantes (copolímero de poliéster e silicone ou do óleo mineral) reduz o período de proteção das plantas cítricas contra reinfestações do ácaro da leprose;
- O uso espirodiclofeno ou ciflumetofem isoladamente ou em mistura com fertilizantes foliares ($MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia) reduz a incidência de frutos com sintomas de leprose;
- O uso de espirodiclofeno ou ciflumetofem em mistura com adjuvantes (copolímero de poliéster e silicone ou do óleo mineral) não reduz a incidência de leprose nos frutos;
- O uso de espirodiclofeno ou ciflumetofem em mistura com fertilizantes foliares ($MgSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ e ureia) reduz os custos de aplicação em relação a aplicação isolada desses compostos.

REFERÊNCIAS

- Alberti, G., Coons, L.B. 1999. Acari: mites. Integument. In: Harrison, F.W., Foelix, R.F. (Ed.). **Microscopic anatomy of invertebrates: chelicerate arthropoda 8C**. New York. p. 681–714.
- Albuquerque, F.A., 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., Donadio, L.C. (Ed.). **Leptose dos citros**. Jaboticabal: FUNEP. p. 77–90.
- Albuquerque, F.A., Oliveira, C.A.L., Barreto, M. 1997. Estudos da relação entre as incidências de verrugose da laranja doce e leptose dos citros em frutos de laranja-pêra. **Científica** 25:393–402.
- Amaral, I. 2016. Biologia e tabela de vida de *Brevipalpus yotheresi* (Acari: Tenuipalpidae) oriundos de diferentes regiões citrícolas do estado de São Paulo. 35 f. **Dissertação de Mestrado**. Jaboticabal, SP: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista.
- Amaral, I., Moraes, G.J., Melville, C.C., Andrade, D.J. 2018. Factors affecting prevailing population levels of *Brevipalpus yotheresi* (Acari: Tenuipalpidae) in citrus areas affected by citrus leprosis in the State of Sao Paulo, Brazil. **Experimental and Applied Acarology** 74:395–402.
- Andrade, D.J., Ferreira, M.C., Fenólio, L.G. 2013. Compatibilidade entre acaricidas e fertilizantes foliares em função de diferentes águas no controle do ácaro da leptose dos citros *Brevipalpus phoenicis*. **Revista Brasileira de Fruticultura** 35:39–50.
- Andrade, D.J., Correia, N.M., Barbosa, C.L., Oliveira, C.A.L. 2012. Aspectos biológicos do ácaro *Brevipalpus phoenicis* vetor da leptose dos citros em plantas de buva (*Conyza canadensis*). **Planta daninha** 30:97–103.
- Andrade, D.J., Oliveira, C.A.L., Pattaro, F.C. 2011. Technical and economic evaluation of different types of control of *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) in citrus leprosis management. **Zoosymposia** 6:104–110.
- Andrade, D.J., Oliveira, C.A.L., Santos, N.C., Morais, M.R. 2010a. Toxicidade diferencial de produtos à base de abamectina ao ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura** 32:82–89.
- Andrade, D.J., Oliveira, C.A.L., Pattaro, F.C., Siqueira, D.S. 2010b. Acaricidas utilizados na citricultura convencional e orgânica: manejo da leptose e populações de ácaros fitoseídeos. **Revista Brasileira de Fruticultura** 32:1028–1037.
- Andrade, D.J., Ferreira, M.C., Santos, N.C. 2010c. 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, T.L.C. 1997. Ação acaricida do hexythiazox, dicofol e óxido de fenbutatin, em três níveis de pH da calda. 71 f. **Dissertação de Mestrado**. Jaboticabal, SP: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista.

- Araújo, D., Raetano, C.G. 2011. Adjuvantes de produtos fitossanitários. In: Antuniassi, U.R., Boller, W. (Org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte. p. 27–46.
- Barreto, M., Pavan, A. 1995. Relação verrugose × leprose. In: Oliveira, C.A.L. Donadio, L.C. (Ed.). **Leprose dos citros**. Jaboticabal: FUNEP. p. 69–76.
- Bassanezi, R.B. 2018. **Manual de leprose dos citros: medidas essenciais de controle**. 2. ed. Araraquara: Fundecitrus. 20 p.
- 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. p. 31–50.
- Bassanezi, R.B. 2004. Leprose-dos-citros: foco no controle do ácaro vetor. **Visão Agrícola** 1:25–29.
- Bassanezi, R.B., Spósito, M.B., Yamamoto, P.T. 2002. Adeus à leprose. **Cultivar** 2:6–8.
- Bastianel, M., Freitas-Astúa, J., Kitajima, E.W., Machado, M.A. 2006. The Citrus leprosis pathosystem. **Summa Phytopathologica** 32:211–220.
- 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** 94:284–292.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., Walker, S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using *lme4*. **Journal of Statistical Software** 67:1–48.
- Baur, J.R., Bovey, R.W., Baker, R.D., Riley, I. 1971. Absorption and penetration of picloram and 2,4,5-T into detached live oak leaves. **Weed Science** 19:138–141.
- Bazzo, A.M. 2016. Distribuição intraplanta do ácaro da leprose dos citros e adequação do volume de calda de acaricida para o seu controle. 38 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Mastercitrus.
- Beard, J.J., Ochoa, R., Bauchan, G.R., Trice, M.D., Redford, A.J., Walters, T.W., Mitter, C. 2012. **Flat mites of the world. Part I Raoiella and Brevipalpus**. Identification technology program, CPHST, PPQ, APHIS, USDA; Fort Collins, Colorado. Disponível em: <<http://idtools.org/id/mites/flatmites/>>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- Bitancourt, A.A. 1934. Relação das doenças e fungos parasitas observados na secção de Fitopatologia durante os anos de 1931 e 1932. **Arquivos do Instituto Biológico** 5:185–196.
- Boaretto, M.A.C., Chiavegato, L.G., Silva, C.A.D. 1993. Transmissão da leprose através de fêmeas de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) e de seus descendentes, em condições de laboratório. **Científica** 21:245–253.

- Cabras, P., Angioni, A., Garau, V.L., Melis, M., Pirisi, F.M., Cabitza, F., Pala, M. 2001. The effect of simulated rain on folpet and mancozeb residues on grapes and on vine leaves. **Journal of Environmental Science and Health** 36:609–618.
- Calore, R.A., Ferreira, M.C., Rodrigues, N.E.L., Otuka, A.K. 2014. Effect of herbicides associated with adjuvants in surface tension and contact angle in leaves of *Ipomoea hederifolia*. **Aspects of Applied Biology** 122:425–420.
- Campos-Neto, H.H., Moura, E., Passos, H.R., Ciniglio-Neto, F., Mariconi, F.A.M., Scarpari-Filho, J.A. 1993. Combate experimental ao ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. **Scientia Agricola** 50:267–271.
- 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.
- Castro V.L.S.S. 2009. Uso de misturas de agrotóxicos na agricultura e suas implicações toxicológicas na saúde. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology** 4:87–94.
- Chiavegato, L.G. 1995. Avaliação da potencialidade de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) na transmissão da leprose em plantas cítricas. Anais. **15º Congresso Brasileiro de Entomologia**. Caxambu. p. 14.
- Chiavegato, L.G., Kharfan, P.R. 1993. Comportamento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (G.) (Acari: Tenuipalpidae) em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 22:355–359.
- Chiavegato, L.G. 1991. Ácaros da cultura dos citros. In: Rodrigues, O., Viégas, F., Pompeu-Junior, J., Amaro, A.A. (Ed.). **Citricultura brasileira**. Campinas: Cargill. p. 601–641.
- Chiavegato, L.G. 1986. Biologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis* em citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 21:813–816.
- Childers, C.C., Rodrigues, J.C.V. 2011. An overview of *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae) and the plant viruses they transmit. **Zoosymposia** 6:180–192.
- Childers, C.C., Derrick, S.K. 2003. *Brevipalpus* mites as vectors of unassigned Rhabdoviruses in various crops. **Experimental and Applied Acarology** 30:1–3.
- Childers, C.C., Kitajima, W.E., Welbourn, C.W., Rivera, C., Ochoa, R. 2001. *Brevipalpus* como vectores de la leprosis de los cítricos. **Manejo Integrado de Plagas** 60:61–65.
- Childers, C.C. 1997. “Nexter” (pyridaben) – a new miticide for use on Florida citrus. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society** 110:59–64.
- Childers, C.C. 1994. Feeding injury to ‘Robinson’ tangerine leaves by *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae) in Florida and evaluation of chemical control on citrus. **Florida Entomologist** 77:265–271.

- Childers, C.C., Selhime, A.G. 1983. Reduced efficacy of fenbutatin-oxide in combination with petrolicess oil controlling the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora*. **Florida Entomologist** 66:310–319.
- Croft, B.A. 1990. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: Wiley. 723 p.
- Cunha, J.P.A.R., Alves, G.S. 2009. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciência** 34:655–659.
- Decaro, R.A., Decaro-Junior, S.T., Ferreira, M.C. 2016. Deposit of pesticides without and with adjuvants on citrus seedlings following different intervals of artificial rain. **Ciência Rural** 46:13–19.
- Demétrio, C.G.B., Hinde, J., Moral, R.A. 2014. Models for overdispersed data in entomology. In: Ferreira, C.P., Godoy, W.A.C. (Ed.). **Ecological modelling applied to entomology**. Switzerland: Springer. p. 219–259.
- Echer, F.R., Rosolem, C.A. 2012. Plant growth regulator losses in cotton as affected by adjuvants and rain. **Ciência Rural** 42:2138–2144.
- El-Attal, Z.M., Moustafa, O.K., Diab, S.A. 1984. Influence of foliar fertilizers on the toxicity and tolerance to some insecticides in the cotton leafworm. **The Journal of Agricultural Science** 102:111–114.
- Farghaly, S.F., Torkey, H.M., Abouyousef, H.M. 2009. Natural extracts and their chemical constituents in relation to toxicity against whitefly (*Bemisia tabaci*) and aphid (*Aphis craccivora*). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences** 3:3217–3223.
- Ferreira, M.C., Lasmar, O., Decaro-Junior, S.T., Neves, S.S., Azevedo, L.H. 2013. Qualidade da aplicação de inseticida em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), com e sem adjuvantes na calda, sob chuva simulada. **Bioscience Journal** 29:1431–1440.
- Festuccia, A.J., Almeida, M.C., Yamamoto, P.T., Gravena, S. 1995. Comparação entre amostragens absoluta e relativa para o ácaro da leprose em citros. **Laranja** 16:263–270.
- Flechtmann, C.H.W., Oliveira, C.A.L., Santos, J.M. 1995. Aspectos taxonômicos do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis*. In: Oliveira, C.A.L., Donadio, L.C. (Ed.) **Leprose dos citros**. Jaboticabal: FUNEP. p. 31–36.
- Flechtmann, C.H.W. 1983. **Ácaros de importância agrícola**. São Paulo: Nobel. 189 p.
- FNP Consultoria & Comércio. 2017. Citros. In: _____. **Agrianual 2017**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Informa Economics FNP. p. 233–262.
- Fundo de Defesa da Citricultura. 2017. **Inventário de árvores e estimativa de safra de laranja 2017/18 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro 2017/18**. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2017_12_05_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2017-2018.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2018.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2018. **Reestimativa da safra de laranja 2017/18 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro – fechamento em abril/2018**, Araraquara, SP, 10 abr. 2018. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0418_Reestimativa_da_Safra_de_Laranja.pdf>. Acesso em: 11 out. 2018.

Fuzita, A.T., Sato, M.E., Silva, M.Z., Nicastro, R.L., Mendonça, M.J.C. 2014. Comparação da sensibilidade do ácaro-praga *Brevipalpus phoenicis* e do predador *Agistemus brasiliensis* a agroquímicos. **Coffee Science** 9:102–109.

Gazziero, D.L.P. 2015. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha** 33:83–92.

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

Gravena, S. 2004. Manejo integrado de doenças é vital na produção de citros. **Visão Agrícola** 2:54–59.

Gravena, S. 1992. MIP citros: avanços e inovações na citricultura brasileira. **Laranja** 13:541–552.

Haramoto, F.H. 1969. **Biology and control of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acarina: Tenuipalpidae)**. Hawaii: Agricultural Experimental Station. p. 1–63.

Hayashi, N., Sasama, Y., Takahashi, N., Ikemi, N. 2013. Cyflumetofen, a novel acaricide – its mode of action and selectivity. **Pest Management Science** 69:1080–1084.

Hazen, J.L. 2000. Adjuvants: terminology, classification, and chemistry. **Weed Technology** 14:773–784.

Helle, W., Bolland, H.R., Heitmans, W.R.B. 1980. Chromosomes and types of parthenogenesis in false spider mites (Acari: Tenuipalpidae). **Genetica** 54:45–50.

Henderson, C.F., Tilton, E.W. 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite. **Journal of Economic Entomology** 48:157–161.

Hock, W.K. 2004. **Horticultural spray adjuvantes**. Pennsylvania: Pennsylvania State University. p. 1–4.

Houghton, R.D. 1982. Pesticide compatibility: an overview from technical services. **ASTM Special Technical Publication** 764:3–10.

Insecticide Resistance Action Committee – IRAC. 2018. **Mode of action classification: insecticide resistance management**. Disponível em: <<http://www.irac-online.org/modes-of-action>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

Jeppson, L.R., Keifer, H.H., Baker, E.W. 1975. **Mites injurious to economic plants**. Berkeley: University of California. 614 p.

Johnstone, D.R. 1973. Spreading and retention of agricultural sprays on foliage. In: Van Valkenburg, W. (Ed.). **Pesticide formulations**. New York: Marcel Dekker. 481 p.

Kitajima, E.W., Alberti, G. 2014. Anatomy and fine structure of *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae) – economically important plant-virus vectors. Part 7: Ultrastructural detection of cytoplasmic and nuclear types of *Brevipalpus*-transmitted viruses. In: Alberti, G., Kitajima, E.W. (Ed.). **Anatomy and fine structure of *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae): economically important plant-virus vectors**. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers. p. 173–192.

Kitajima, E.W., Müller, G.W., Costa, A.S., Yuki, V.A. 1972. Short rod like particles associated with citrus leprosis. **Virology** 50:254–258.

Lal, L. 1978. Biology of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acarina: Tenuipalpidae). **Acarologia** 20:97–101.

Locali-Fabris, E.C., Freitas-Astúa, J., Souza, A.A., Takita, M.A., Astúa-Monge, G., Antonioli-Luizon, R., Rodrigues, V., Targon, M.L.P.N., Machado, M.A. 2006. Complete nucleotide sequence, genomic organization and phylogenetic analysis of Citrus leprosis virus cytoplasmic type (CiLV-C). **Journal of General Virology** 87:2721–2729.

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

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** 4:242–253.

Matuo, T.K., Matuo, T. 1995. Efeito da pressurização com CO₂ sobre o pH da água. **Planta daninha** 13:22–25.

Mendonça, M.C., Silva, L.M.S. 2006. Pragas dos citros em Sergipe. In: Melo, M.B., Silva, L.M.S (Eds.). **Aspectos técnicos dos citros no Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. p. 61–70.

Mineiro, J.L.C., Sato, M.E., Novelli, V.M., Andrade, D.J. 2015. Distribuição de *Brevipalpus yothersi* Baker, 1949 (Acari: Tenuipalpidae) em diferentes hospedeiros e localidades no estado de São Paulo. **Biológico** 77:73–111.

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 fitopatogênicos nos citros. **Informe Agropecuário** 38:1–25.

Moraes, G.J., Flechtmann, C.H.W. 2008. **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos. 308 p.

Moxness, K.D., Lym, R.G. 1989. Environment and spray additive effects on picloram absorption and translocation in leafy spurge (*Euphorbia esula*). **Weed Science** 37:181–186.

- Müller, G.W., Targon, M.L.P.N., Carvalho, S.A., Souza, A.A., Rodrigues, J.C.V. 2005. Doenças de citros causadas por vírus e viróides. In: Mattos Júnior, D., De Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu-Júnior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC. p. 567–604.
- Nakano, O., Sanches, G.A., Ishida, A.K. 1987. Redução da infestação do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros através do controle da verrugose. **Laranja** 8:19–34.
- Nelder, J.A., Wedderburn, R.W.M. 1972. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society** 135:370–384.
- Neves, M.F., Trombini, V.G. 2017. **Anuário da citricultura 2017**. CitruBR: Ribeirão Preto. 57 p.
- Neves, M.F., Trombin, V.G., Milan, P., Lopes, F.F., Cressoni, F., Kalaki, R. 2010. **Retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: MARKESTRAT: Centro de Pesquisa e Projetos em Marketing e Estratégia, FEA-USP.
- Ocampo-Ruiz, R.A., Matuo, T. 1994. Efeito de espalhantes-adesivos na retenção e na ação do propargite sobre *Brevipalpus phoenicis* (Geijs.) em folhas de citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. 23:265–270.
- Oliveira, C.A.L., Pattaro, F.C. 2008. Citros: manejo de ácaros fitófagos na cultura. In: Yamamoto, P.T. (Org.). **Manejo integrado de pragas dos citros**. Piracicaba: CP1. p. 81–125.
- Oliveira, C.P., Oliveira, C.A.L., Melo, W.J. 2003. Efeito da adição de óleos mineral e vegetal a acaricidas no controle do ácaro-da-leprose-dos-citros *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). **Revista Brasileira de Fruticultura** 25:224–226.
- Oliveira, C.A.L., Matuo, T., Santos-Junior, J.E., Toledo, M.C. 1997. Efeito de espalhante-adesivo na eficiência dos acaricidas propargite e cyhexatin no controle do *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. 26:487–493.
- Oliveira, C.A.L. 1995. Aspectos ecológicos do *Brevipalpus phoenicis*. In: Oliveira, C.A.L. & Donadio, L.C. (Eds.). **Leprose dos citros**. Jaboticabal: FUNEP. p. 37–48.
- Oliveira, C.A.L. 1986. Flutuação populacional e medidas de controle do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. **Laranja** 7:1–31.
- Parra, J.R.P., Oliveira, H.N., Pinto, A.S. 2003. **Ácaros**: guia ilustrado de pragas e insetos benéficos dos citros. Piracicaba: A.S. Pinto. p. 22–29.
- Petter, F.A., Segate, D., Almeida, F.A., Alcântara-Neto, F., Pacheco, LP. 2013. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae** 4:129–128.
- Pinto, R.A., Yamamoto, P.T., Paiva, P.E.B., Gravena, S. 1995. Amostragem sequencial: uma metodologia rápida e segura. In: Oliveira, C.A.L., Donadio, L.C. (Ed.). **Leprose dos citros**. Jaboticabal: FUNEP. p. 147–158.

Prado, E.P., Araújo, D., Raetano, C.G., Dal Pogetto, M.H.F.A., Aguiar-Júnior, H.O., Christovam, R.S. 2011. Influência da dureza e potencial hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia** 70:389–396.

R Development Core Team. 2018. **R**: A language and environment for statistical computing. Foundation for statistical computing, Vienna, Austria.

Rakes, M., Grützmacher, A.D., Pazini, J.B., Pasini, R.A., Schaedler, C.E. 2017. Physicochemical compatibility of agrochemical mixtures in spray tanks for paddy field rice crops. **Planta Daninha** 35:e017165185.

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.

Ramsdale, B.K., Messersmith, C.G. 2001. Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. **Weed Technology** 15:485–491.

Reis, P.R., Chiavegato, L.G., Moraes, G.J., Alves, E.B., Sousa, E.O. 1998. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 27:265–274.

Reis, P.R., Neto, M.P., Franco, R.A. 2005. Controle de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) e *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tenuipalpidae, Tetranychidae) em cafeeiro e o impacto sobre ácaros benéficos. II – Spirodiclofen e Azocyclotin. **Ciência e Agrotecnologia** 29:528–537.

Rodrigues, J.C.V., Antony, L.M.K., Salaroli, R.B., Kitajima, E.W. 2008. *Brevipalpus*-associated viruses in the central Amazon Basin. **Tropical Plant Pathology** 33:12–19.

Rodrigues, J.C.V., Oliveira, C.A.L. 2005. Ácaros fitófagos dos citros. In: Mattos-Júnior, D., Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Júnior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundag. p. 689–727.

Ronchi, C.P., Silva, A.A., Miranda, G.V., Ferreira, L.R. Terra, A.A. 2002. Misturas de herbicidas para o controle de plantas daninhas do gênero *Commelina*. **Planta daninha** 20:311–318.

Rossetti, V.V. 2001. **Manual ilustrado de doenças dos citros**. Piracicaba: Fealq/Fundecitrus. 219 p.

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

Roy, A., Stone, A.L., Shao, J., Otero-Colina, G., Wei, G., Choudhary, N., Achor, D., Levy, L., Nakhla, M.K., Hartung, J.S., Schneider, W.L., Brlansky, R.H. 2015a. Identification and molecular characterization of nuclear *Citrus leprosis virus*, a member of the proposed *Dichorhavirus* genus infecting multiple citrus species in Mexico. **Phytopathology** 105:564–575.

- Roy, A., Hartung, J.S., Schneider, W.L., Shao, J., Leonm M.G., Melzer, M.J., Beard, J.J., Otero-Colina, G., Bauchan, G.R., Ochoa, R. 2015b. Role bending: complex relationships between viruses, hosts, and vectors related to citrus leprosis, an emerging disease. **Phytopathology** 105:872–884.
- Salinas-Vargas, D., Santillán-Galicia, M.T., Guzmán-Franco, A.W., Hernández-López, A.H., Ortega-Arenas, L.D., Mora-Aguilera, G. 2016. Analysis of genetic variation in *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae) populations from four species of citrus host plants. **PLoS ONE** 11:e0164552.
- Sanches, J.J., Ferreira, M.C., Andrade, D.J. 2018. Impact of rainfalls on the acaricide propargite with and without addition of adjuvants for the control of the mite *Brevipalpus yothersi*. **Revista Brasileira de Fruticultura** 40:e-775.
- Silva, M.Z., Sato, M.E., Oliveira, C.A.L., Veronez, B. 2012. Toxicidade de agroquímicos ao ácaro-da-leprose dos citros *Brevipalpus phoenicis* (geijskes) e ao ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). **Arquivos do Instituto Biológico** 79:363–370.
- Stark, J.D., Banks, J.E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology** 48:505–519.
- Sticker, W.E. 1992. The importance of adjuvants to the agricultural chemical industry. In: Foy, C.L. **Adjuvants for agrichemicals**. New York: Marcell Dekker. p. 247–249.
- 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** 71:227–241.
- 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 na região de Bebedouro-SP. **Revista de Agricultura** 77:103–111.
- Van Pottelberge, S., Khajehali, J., Van Leeuwen, T., Tirry, L. 2009. Effects of spiroadiclofen on reproduction in a susceptible and resistant strain of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology** 47:301–309.
- Vechia, J.F.D., Ferreira, M.C., Andrade, D.J. 2018. Interaction of spiroadiclofen with insecticides for the control of *Brevipalpus yothersi* in citrus. **Pest Management Science** 74:2438–2443.
- Wachendorff, U., Nauen, R., Schnorbach, H.J., Rauch, N. Elbert, A. 2002. The biological profile of spiroadiclofen (Envidor[®]) – a new selective tetrionic acid acaricide. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer** 55:149–176.
- Yamamoto, P.T., Parra, J.R.P. 2005. Manejo integrado de praga dos citros. In: Mattos-Júnior, D., De Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu-Júnior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundag. p. 729–768.

Zanardi, O.Z., Ribeiro, L.P., Ansante, T.F., Santos, M.S., Bordini, G.P., Yamamoto, P.T., Vendramim, J.D. 2015. Bioactivity of a matrine-based biopesticide against four pest species of agricultural importance. **Crop Protection** 67:160–167.

Zulian, A., Dörr, A.C., Almeida, S.C. 2013. Citricultura e agronegócio cooperativo no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** 11:2290–2306.