

Análise de variáveis que interferem no período de controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi*

Leilane Martins Lacerda¹ , Danilo Franco² , Leandro Aparecido Fukuda²,
Diego Silva Siqueira³  & Daniel Júnior de Andrade^{1*} 

RESUMO

A leprose dos citros é uma das principais doenças dos citros no Brasil. É causada pelo vírus da leprose dos citros C (CiLV-C), transmitido exclusivamente pelo ácaro *Brevipalpus yothersi* no cinturão citrícola brasileiro. Há várias décadas o controle químico do ácaro-vetor com acaricidas é a principal tática empregada no manejo da leprose. Entretanto, diversas variáveis podem influenciar no período de controle de *B. yothersi* após as aplicações de acaricidas. Portanto, o objetivo da pesquisa foi analisar bancos de dados para melhor compreensão de como essas variáveis podem afetar o período de controle. Os bancos de dados foram fornecidos por empresas que produzem laranja doce para suco, localizadas na região norte do estado de São Paulo. Nestes bancos de dados foram selecionados 128 conjuntos de dados em três safras consecutivas (2017/2018, 2018/2019 e de 2019/2020). As variáveis estudadas foram: acaricidas (ingredientes ativos), época do ano de aplicação do acaricida, variedade de laranja, volume de calda, nível de infestação no momento da aplicação e precipitações pluviométricas após as aplicações. O período de controle foi influenciado por todas as variáveis com exceção da variedade de laranja. Os acaricidas espiroclorfenol e ciflometofem não diferiram entre si quanto ao período de controle quando aplicados no outono-inverno, mas o espiroclorfenol proporcionou maior período de controle que o ciflometofem quando aplicado na primavera-verão. O período de controle foi maior para ambos os acaricidas nas aplicações durante o outono-inverno que nas de primavera-verão. Aplicações realizadas com volumes de calda de 151 a 200 mL.m⁻³ de copa e com nível de infestação entre 1 a 5% apresentaram os maiores períodos de controle. Ambos os acaricidas proporcionam maiores períodos de controle na ausência de chuvas nos primeiros dias após a aplicação.

Termos de indexação: big data, leprose dos citros, *Brevipalpus phoenicis*, controle químico, acaricidas.

Analysis of variables that influence the control period of the citrus leprosis mite *Brevipalpus yothersi*

SUMMARY

Citrus leprosis is one of the main citrus diseases in Brazil. The causal agent is the citrus leprosis virus C (CiLV-C), exclusively vectored by the mite *Brevipalpus yothersi* in Brazil's citrus

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil

² Farm Assistência Técnica s/s Ltda, Bebedouro, SP, Brasil

³ Quanticum, Alpinópolis, MG, Brasil

***Autor correspondente:** Daniel Júnior de Andrade, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Vila Industrial, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: daniel.andrade@unesp.br



belt. For several decades, chemical control of the vector mite with acaricides has been the main tactic used to manage citrus leprosis. However, several variables can influence the control period of *B. yothersi* after acaricide applications. Therefore, the research aimed to analyze databases to understand better how these variables affect the period of control. The databases were provided by companies that produce sweet oranges for juice in the northern region of the State of São Paulo. In these databases, 128 data sets were selected in three consecutive seasons (2017/2018, 2018/2019, and 2019/2020). The variables analyzed were: acaricides (active ingredients), time of year of acaricide application, orange variety, spray volume, level of infestation at the time of application, and rainfall after application. The control period was influenced by all variables except by orange variety. The spiroadiclofen and cyflumetofen acaricides did not differ in terms of control period when applied in autumn-winter, but spiroadiclofen provided a longer control period than cyflumetofen when applied in spring-summer. The control period was longer for both acaricides in autumn-winter applications than in spring-summer applications. Spray volumes from 151 to 200 mL.m⁻³ of tree canopy and applications carried out with infestation levels between 1 and 5% showed the most prolonged control periods. Both acaricides provide more prolonged control periods in the absence of rain in the first days after application.

Index terms: big data, citrus leprosis virus, *Brevipalpus phoenicis*, chemical control, acaricides.

INTRODUÇÃO

A leprose dos citros é a principal doença de etiologia viral da citricultura brasileira, devido aos prejuízos causados e às dificuldades de controle (Bastianel et al., 2010). Esta doença é causada por vírus que afetam o citoplasma ou o núcleo das células das plantas (Ramos-González et al., 2016). No Brasil, o vírus do tipo citoplasmático (citrus leprosis virus - CiLV-C) é o mais importante para a citricultura, por ser o mais prevalente e pela severidade dos danos causados (Ramos-González et al., 2016). Foi constatado, que existem pelo menos duas estirpes deste vírus, a estirpe Cordeirópolis (CRD) e a São José do Rio Preto (SJP) (Ramos-González et al., 2016).

A transmissão dos vírus da leprose é atribuída a ácaros do gênero *Brevipalpus* Donnadieu (Acari: Tenuipalpidae) (Tassi et al., 2017; Cook et al., 2019). Entretanto, nos pomares do Brasil, *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari: Tenuipalpidae) é predominante e tem sido considerado o único vetor do CiLV-C (Mineiro et al., 2015). A transmissão do CiLV-C por *B. yothersi* acredita-se que seja do tipo persistente circulativa, nos quais os vírus circulam no corpo do vetor antes de serem inoculados na planta hospedeira, havendo um período de latência entre a aquisição do vírus e sua transmissão pelo vetor (Alberti & Kitajima, 2014). Pesquisas indicaram não haver transmissão vertical ou transovariana do CiLV-C em populações de *Brevipalpus* spp. (Novelli et al., 2005).

A leprose afeta frutos, ramos e folhas de forma não sistêmica, uma vez que os vírus são encontrados somente nas lesões ou muito próximos destas (Bastianel et al., 2010). Nos frutos, surgem lesões circulares (5 a 12 mm de diâmetro), inicialmente marrons que, com o passar do tempo, tornam-se necróticas e circundadas por um halo

amarelo característico (Bastianel et al., 2006). Em ramos, as lesões são corticosas, salientes, acinzentadas ou avermelhadas (Bassanezi, 2018b). Em folhas, surgem manchas cloróticas nas superfícies abaxial e adaxial, atingindo 2 a 3 mm de diâmetro (Bastianel et al., 2010). A leprose dos citros acarreta queda intensa e prematura de frutos, desfolha e seca de ramos. Plantas com esses sintomas têm sua produtividade e longevidade reduzidas (Andrade et al., 2010; Bassanezi, 2018b).

No Brasil, diversos acaricidas são autorizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle do ácaro da leprose, entretanto, apenas alguns produtos têm sido efetivamente utilizados pelos citricultores (Brasil, 2021). Isso ocorre pelo fato que a maioria dos acaricidas reduziram a eficiência ou apresentam problemas de resistência do ácaro pelo seu uso sucessivo nos pomares (Rocha et al., 2021). Dentre os acaricidas autorizados pelo MAPA para o controle do ácaro da leprose, espiroadiclofeno e ciflumetofem estão entre os acaricidas mais utilizados atualmente no controle desta praga. Espiroadiclofeno pertence ao grupo químico cetoenol e atua como inibidor da acetil coenzima A carboxilase, responsável pela biossíntese de lipídeos (Wachendorff et al., 2002), enquanto que o ciflumetofem pertence ao grupo químico benzoilacetoneitrila e age como inibidor da cadeia respiratória do complexo II da mitocôndria (Hayashi et al., 2013).

Nos pomares, diversas variáveis afetam o manejo da leprose, entre os principais, citam-se: as climáticas (Falconi, 2002; Laranjeira et al., 2015), o monitoramento do vetor (Lopes et al., 2007), o tempo entre a detecção do vetor e a aplicação de acaricidas (Bassanezi, 2018a), a tecnologia de aplicação empregada (Ferreira, 2003), o adensamento dos pomares (Girardi et al., 2021), a resistência de populações

de ácaros aos acaricidas (Franco et al., 2007; Rocha et al., 2021), as misturas de acaricidas com outros produtos em tanque de pulverização e o manejo de outros problemas fitossanitários (Della Vecchia et al., 2018).

A análise e a interpretação conjunta de variáveis que afetam o manejo da leprose podem ajudar no aumento do período de controle do ácaro da leprose. O período de controle refere-se ao tempo decorrente da aplicação do acaricida para controle do ácaro-vetor até o momento em que a população do ácaro-vetor atinge novamente o nível de ação pré-estabelecido (Della Vecchia et al., 2021).

Em condições de campo muitas variáveis podem influenciar na ação dos acaricidas sobre o ácaro da leprose e no período de controle. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi analisar bancos de dados a fim de compreender melhor algumas variáveis que afetam o período de controle de *B. yothersi* proporcionado pelas aplicações de acaricidas, permitindo assim o estabelecimento de estratégias que aumentem o período de controle, o que conseqüentemente reduz o número de aplicações de acaricidas, os danos causados pela doença e os custos de produção.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisados bancos de dados fornecidos pela Empresa de Assistência Técnica Farmatac referente a duas propriedades citrícolas de produção de laranja doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] para suco, localizadas próximas ao município de Colômbia, São Paulo, Brasil. O clima da região norte de São Paulo segundo a Classificação de Köppen-Geiger é do tipo AW - tropical chuvoso (média de 18 °C no mês mais frio e com média de precipitação pluviométrica anual superior a 700 mm) caracterizado pelo verão chuvoso e inverno seco (Beck et al., 2018).

Nos bancos de dados foram selecionados 128 conjuntos de dados, referentes a três safras consecutivas (2017/2018, 2018/2019 e de 2019/2020). Cada conjunto de dados refere-se a uma aplicação de acaricida realizada exclusivamente para controle do ácaro da leprose *B. yothersi*, totalizando 128 aplicações analisadas. No total, foram analisadas 60, 57 e 11 aplicações realizadas em 2017, 2018 e 2019, respectivamente. Foram selecionadas as aplicações com os principais acaricidas utilizados atualmente (espiroclorfenol e ciflumetofem) em talhões com plantas de 4 a 17 anos de idade. Os talhões foram selecionados de forma a contemplar as principais variedades de laranja produzidas atualmente ['Hamlin', (precoce); 'Pera', (meia-estação) 'Valência' (tardia) e 'Natal' (tardia)] que foram também

consideradas como uma variável. Os talhões possuíam em média 20 hectares o que totalizou uma área de estudo de aproximadamente 2.500 hectares. A densidade média de plantas por talhão foi de 488 plantas por hectare.

Com base em análises prévias e informações obtidas na literatura foram selecionadas algumas variáveis que podem afetar a ação dos acaricidas, bem como o período de controle do ácaro da leprose após as aplicações de acaricidas. As variáveis estudadas foram o acaricida utilizado (ingrediente ativo), o volume de calda (expresso em mL de calda por m³ de copa da planta), a época do ano da aplicação, a variedade de laranja, o nível de infestação do ácaro (expresso em porcentagem de unidades amostrais – frutos e/ou ramos – infestados pelo ácaro) no momento da aplicação e a ocorrência de precipitação pluviométrica após a aplicação.

Os acaricidas estudados foram o espiroclorfenol (Envidor®; Bayer CropScience) aplicado sempre na dose de 20 mL de produto comercial em 100 L de água e o ciflumetofem (Obny®; UPL ou Okay®, Ihara) aplicado sempre na dose de 40 mL de produto comercial em 100 L de água.

Os períodos de controle do ácaro proporcionado pelos acaricidas espiroclorfenol e ciflumetofem foram analisados em duas estações distintas do ano, denominadas de primavera-verão (outubro a março) e outono-inverno (abril a setembro).

Os dois acaricidas também foram comparados em relação ao volume de calda, quando aplicados com volume de 100 a 150 mL.m⁻³ (mL de calda por metro cúbico de copa de planta) e de 151 a 200 mL.m⁻³. Volumes abaixo de 100 mL.m⁻³ e acima de 200 mL.m⁻³ foram desconsiderados devido ao reduzido número de aplicações realizadas com estes volumes no período estudado. A determinação do volume de calda expresso em mL.m⁻³ de copa foi baseado no método da "cubicagem" de plantas proposta por Scapin & Ramos (2017).

Os períodos de controle do ácaro (independentemente do acaricida aplicado) também foram analisados em função do volume de calda expresso em mL.m⁻³ de copa. Foram selecionados volumes de 100 a 150 mL.m⁻³ e de 151 a 200 mL.m⁻³, estabelecendo-se assim duas classes. Os volumes abaixo de 100 mL.m⁻³ e acima de 200 mL.m⁻³ foram desconsiderados devido ao reduzido número de aplicações realizadas no período com estes volumes.

Com relação a infestação de *B. yothersi* nos talhões foram utilizados os dados de nível de infestação de *B. yothersi* no momento da aplicação, também denominado de "infestação de entrada" pelas empresas que forneceram os dados.

Para isso, foram estabelecidas duas classes para o nível de infestação, sendo 1) de 1 a 5% de unidades amostrais infestadas pelo ácaro e 2) acima de 5% de unidades amostrais infestadas pelo ácaro. Aplicações realizadas com nível de infestação abaixo de 1% foram desconsideradas, pois possivelmente referem-se às aplicações realizadas de forma “preventiva”, e a infestação máxima registrada no banco de dados foi de 33,2%.

O monitoramento do ácaro nos talhões foi realizado quinzenalmente por inspetores de pragas capacitados para a função, amostrando-se 1% das plantas de cada talhão e três frutos por planta e na ausência de frutos amostrou-se ramos jovens de até 30 cm de comprimento. Com auxílio de lupa de bolso de 10 e 20 vezes de aumento contabilizaram-se o número de ácaros da leprose presente nos frutos. Para cálculo do nível de infestação considerou-se o fruto ou ramo com a presença de pelo menos um ácaro em qualquer fase de desenvolvimento (exceto ovos).

O período de controle do ácaro foi avaliado em função da ausência de precipitação até sete dias e da ocorrência de precipitação até um, três e sete dias após as aplicações dos acaricidas espiroclorfenol ou ciflumetofem. Em seguida, os dados referentes a aplicação de espiroclorfenol e ciflumetofem foram analisados individualmente, comparando-se o período de controle do ácaro quando: 1) não ocorreu precipitação até sete dias após a aplicação; 2) ocorreu precipitação até um dia após a aplicação; 3) ocorreu precipitação até três dias após a aplicação e 4) ocorreu precipitação até sete dias após a aplicação. Para

análise dos dados foram consideradas todas as precipitações após as aplicações independentemente do volume, nos quais houve variação de 0,7 mm até 189 mm de volume de chuva no conjunto de dados.

Inicialmente, o período de controle foi avaliado por meio de análise de variância, seguindo esquema de fatorial triplo contendo as variáveis: variedade, acaricida e época de aplicação (Tabela 1). Para $p < 0,05$ as interações entre as variáveis foram consideradas significativas, sendo realizado o desdobramento das mesmas. Em seguida, os dados de volume de calda, nível de infestação no momento da aplicação e a ocorrência de precipitação pluviométrica após as aplicações foram submetidos aos testes de Leneve para constatação de homocedasticidade e de Shapiro–Wilk para normalidade. Dados que apresentaram os pré-requisitos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias quando significativas foram comparadas pelo teste de Tukey. Dados que não apresentaram normalidade foram submetidos a transformação por Box-Cox estimada e aplicada como proposto por (Hawkins & Weisberg, 2017). Para as análises utilizou-se o programa estatístico AgroEstat® (Barbosa & Maldonado Junior, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A época de aplicação do acaricida apresentou efeito significativo sobre o período de controle do ácaro, enquanto que as variáveis variedade e acaricidas não apresentaram

Tabela 1. Influência das variáveis variedade, época de aplicação e acaricida sobre o período de controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi*

Variável	Teste F	p valor	
Variedade (V)	2,0	0,12	
Época (E)	32,8	<0,001	
Acaricida (A)	0,2	0,65	
V*E	2,2	0,10	
V*A	0,9	0,41	
E*A	5,4	0,02	
V*E*A	0,4	0,72	
Coefficiente de variação (%)	36		
Época (E)	Acaricida (A)		Média
	Ciflumetofem	Espiroclorfenol	
Primavera-verão	128,3 Bb	150,4 Ba	139,3
Outono-inverno	223,4 Aa	190,5 Aa	206,9
Média	175,8	170,5	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

significância (Tabela 1). Houve interação significativa entre a época de aplicação e o acaricida utilizado, nos quais os acaricidas não diferiram entre si quanto ao período de controle quando aplicados no outono-inverno, porém diferiram entre si quando aplicados na primavera-verão (Tabela 1).

O período de controle foi significativamente maior quando a aplicação do acaricida foi realizada no outono-inverno. No caso do acaricida ciflumetofem o período de controle no outono-inverno foi quase o dobro do período de controle observado na primavera-verão (Tabela 1). Observou-se que aplicações com espirodiclofeno alcançaram maiores períodos de controle em relação ao ciflumetofem quando aplicados na primavera-verão. Essa diferença entre os produtos pode ter ocorrido em função das propriedades químicas das moléculas. Ciflumetofem apresenta uma fotólise aquosa TD_{50} (Tempo de Degradação 50: indica o tempo necessário para reduzir a concentração em 50% a partir de qualquer ponto de concentração no tempo) a pH 7 igual a 0,04 dias e uma hidrólise aquosa TD_{50} a 20 °C e pH 7 de 0,4 dias (Lewis et al., 2016), períodos estes, bem menores em comparação ao espirodiclofeno, que apresenta uma fotólise aquosa TD_{50} a pH 7 igual a 123 dias e uma hidrólise aquosa TD_{50} a 20 °C e pH 7 de 52,1 dias (Lewis et al., 2016). Neste caso, infere-se os fatores climáticos, como, luminosidade e umidade, no período de primavera-verão, tenham afetado em maior intensidade a degradação do ciflumetofem em comparação ao espirodiclofeno.

Espirodiclofeno e ciflumetofem estão entre os acaricidas lançados mais recentemente no mercado brasileiro e são autorizados pelo MAPA para o controle do ácaro da leprose. Ambos os acaricidas têm apresentado resultados positivos no controle dessa praga (Miranda et al., 2017). Espirodiclofeno apresenta efeito sobre todas as fases móveis de desenvolvimento do ácaro *B. yothersi* (Amaral et al., 2020). Por outro lado, ciflumetofem também possui ação sobre todas as fases do ácaro da leprose, mas principalmente sobre a fase adulta, podendo resultar em 100% de mortalidade de fêmeas adultas em até três dias (72 horas) após a aplicação (Fuzita et al., 2014).

Embora o ácaro da leprose esteja presente durante todo o ano nos pomares, nos períodos mais secos do ano geralmente observa-se os picos populacionais (Oliveira, 1986). Constatou-se que o ciflumetofem obteve maiores períodos de controle do ácaro em relação ao espirodiclofeno quando aplicado no período de outono-inverno, porém não houve diferenças estatísticas (Tabela 1). Este período na região nos quais os dados foram coletados no presente

trabalho (norte do Estado de São Paulo) é caracterizado por ser um período com menores médias pluviométricas.

Alguns fatores podem explicar o melhor desempenho de ciflumetofem no período de outono-inverno em comparação ao espirodiclofeno. Entre os fatores, menciona-se a existência de populações resistentes ao acaricida espirodiclofeno, recentemente detectadas no Estado de São Paulo (Rocha et al., 2021). Por sua vez, para o ciflumetofem, por ser um produto lançando mais recentemente que o espirodiclofeno, ainda não foram detectadas populações de ácaros da leprose resistentes.

Houve diferença significativa entre as classes de volumes de calda. Verificou-se que a classe de volume de 151 a 200 mL.m⁻³ de copa resultou em média 30 dias a mais de período de controle em relação à classe de 100 a 150 mL.m⁻³ de copa (Figura 1). Entretanto, a recomendação atual está entre 100 e 150 mL.m⁻³ de copa aplicados com pulverizadores de arrasto, com assistência de ar, regulados e calibrados para produzir gotas com diâmetro mediano volumétrico (DMV) entre 100 a 200 µm, visando proporcionar cobertura acima de 40% (Scapin & Ramos, 2017).

Os resultados obtidos no presente trabalho divergiram dos resultados obtidos por outros autores quanto ao volume de calda utilizado no controle do ácaro da leprose (Ramos et al., 2007; Bazzo, 2016; Sichiari, 2018), nos quais estes autores não constataram diferenças significativas no período de controle com volumes entre 100 e 150 mL.m⁻³ e volumes maiores que 150 mL.m⁻³ de copa. Contudo, é importante destacar que os estudos de

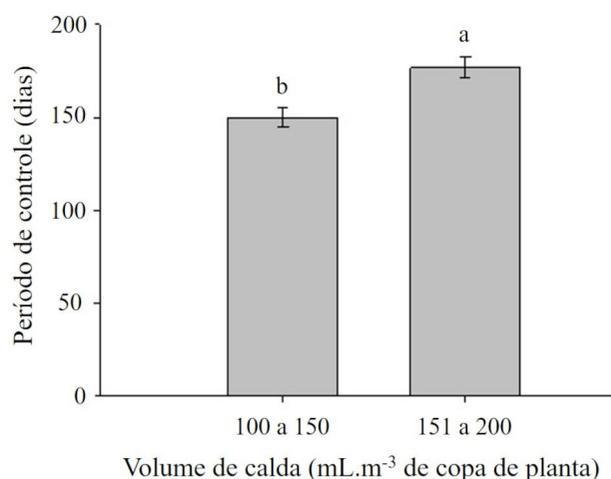


Figura 1. Período de controle do ácaro da leprose *Brevipalpus yothersi* em relação ao volume de calda aplicado (100 a 150 mL.m⁻³ e de 151 a 200 mL.m⁻³). Coeficiente de variação de 23,94%.

Ramos et al. (2007), Bazzo (2016) e Sichieri (2018) não foram realizados durante vários anos e sob diferentes condições climáticas.

No presente trabalho foram utilizados dados de aplicações em diversas condições climáticas e durante três safras consecutivas. Acredita-se que as condições climáticas não foram favoráveis durante todas as aplicações de acaricidas, uma vez que na citricultura são realizadas inúmeras pulverizações que nem sempre são realizadas sob condições adequadas. De acordo com ANDEF (2004) e Alvarenga et al. (2014) as condições climáticas adequadas para as aplicações de agrotóxicos são temperatura abaixo de 30 °C, umidade relativa do ar acima de 55%, velocidade do vento entre 3 e 12 km.h⁻¹ e precipitação inferior a 0,2 mm.h⁻¹.

O norte de São Paulo é caracterizado pelo verão chuvoso e inverno seco (Beck et al., 2018). Portanto, no verão o excesso de chuvas e no inverno a baixa umidade relativa certamente afetam negativamente o período de controle dos acaricidas. O excesso de chuvas pode remover o acaricida depositado sobre as plantas (Sanchez et al., 2018), assim como a baixa umidade relativa do ar acelera a evaporação de gotas reduzindo assim a cobertura e o depósito de calda acaricida sobre as plantas (Balan et al., 2008). Pulverizações com baixo volume de calda (próximo ao limite inferior de eficiência) sob condições meteorológicas extremas podem aumentar a variabilidade dos resultados em comparação as pulverizações com alto volume de calda. Portanto, as condições climáticas durante e logo após as aplicações são um dos principais fatores que explicam as divergências entre o presente trabalho e os trabalhos de Ramos et al. (2007), Bazzo (2016) e Sichieri (2018).

Neste contexto, os equipamentos de aplicação devem ser calibrados e regulados de forma a proporcionar a cobertura adequada das plantas pela calda pulverizada. O ácaro da leprose pode ser encontrado habitando externamente e internamente a copa das plantas (Bazzo, 2016). Entretanto, apresentam o hábito de alimentação e de oviposição em locais protegidos, tais como irregularidades na casca dos frutos e ramos causadas por outras pragas e doenças (Gasparino, 2013). Além disso, as plantas cítricas apresentaram folhagem densa que dificultam a distribuição e a cobertura pela calda acaricida.

Apesar do comportamento do ácaro-vetor e da complexidade dos fatores relacionados às plantas cítricas (estádio fenológico, arquitetura e folhagem densa) é importante ressaltar que o volume de calda não deve ser o ponto de partida para regulagem dos equipamentos de pulverização, uma vez que a regulagem deve estar pautada

em colocar o acaricida sobre o alvo na quantidade necessária e de forma mais econômica possível (Matthews, 2002). Além do volume de calda, é fundamental considerar outros pontos para garantir a qualidade da aplicação, tais como, tamanho e uniformidade das gotas, velocidade do conjunto trator-pulverizador, velocidade e direcionamento do jato.

Verificou-se que as aplicações de acaricidas realizadas com nível de infestação de 1 a 5% proporcionaram os maiores períodos de controle (Figura 2). Vale ressaltar que no presente trabalho foi considerada a infestação do ácaro da leprose no momento da aplicação, também denominada de “infestação de entrada”. É importante destacar que o tempo entre o monitoramento do ácaro e a aplicação do acaricida possivelmente influencie no período de controle. Constatada a presença do ácaro em populações iguais ou maiores que o nível de ação ou de controle estabelecido pelo citricultor, recomenda-se que a aplicação seja realizada o mais rápido possível. Caso o tempo entre a detecção do nível de ação e a aplicação do acaricida seja muito longo pode ocorrer aumento da população do ácaro da leprose e isso reduzirá a eficiência da aplicação e conseqüentemente diminuirá o período de controle.

Outro ponto a ser destacado é que o nível de ação varia em função da aversão do citricultor ao risco e histórico de leprose no pomar (Gasparino, 2013). Entretanto, vale ressaltar que o nível de ação é consequência do

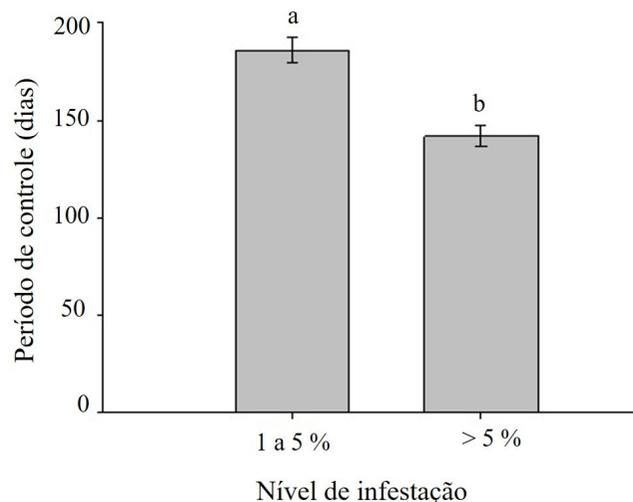


Figura 2. Período de controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi* em relação ao nível de infestação no momento da aplicação (“infestação de entrada”) (Nível de infestação no momento da aplicação: entre 1 a 5% de unidades amostrais infestadas e acima de 5% de unidades amostrais infestadas). Coeficiente de variação de 24,9%.

monitoramento ou amostragem realizada de forma sistemática nos pomares (Lopes et al., 2007). No caso, o monitoramento do ácaro da leprose é fundamental para a determinação de níveis de ação mais assertivos. Portanto, o dimensionamento adequado do tamanho da amostra é uma das premissas para o sucesso no manejo do ácaro da leprose (Lopes et al., 2007).

Foi constatado que na ausência de precipitação até sete dias após as aplicações houve diferença entre os acaricidas quanto ao período de controle, nos quais o acaricida ciflumetofem proporcionou o maior período de controle (Figura 3A). Por outro lado, não houve diferença entre os acaricidas quando houve precipitação até um, três e sete dias após as aplicações (Figura 3B, 3C e 3D). Ao analisar separadamente a influência de chuvas sobre os acaricidas observou-se que, tanto para o ciflumetofem como para o espiroclorfenol, o período de controle foi

mais prolongado quando não houve ocorrência de chuva até sete dias após as aplicações (Figura 4).

Para o ciflumetofem o menor período de controle foi obtido quando houve chuvas até um dia após as aplicações (Figura 4). Para esse acaricida, não houve diferença no período de controle quando ocorreram chuvas até três e sete dias após as aplicações (Figura 4). Para o espiroclorfenol, não foram constatadas diferenças no período de controle quando houve precipitação até um e três dias após as aplicações (Figura 5). De maneira geral, os maiores períodos de controle do ácaro ocorreram quando não houve precipitação até sete dias após a aplicação. A redução do depósito de ingrediente ativo sobre as plantas é um dos principais problemas causados pela precipitação logo após a aplicação. Sanches et al. (2018) verificaram que chuvas após a aplicação do acaricida propargite reduziu sua eficiência sobre *B. yothersi*.

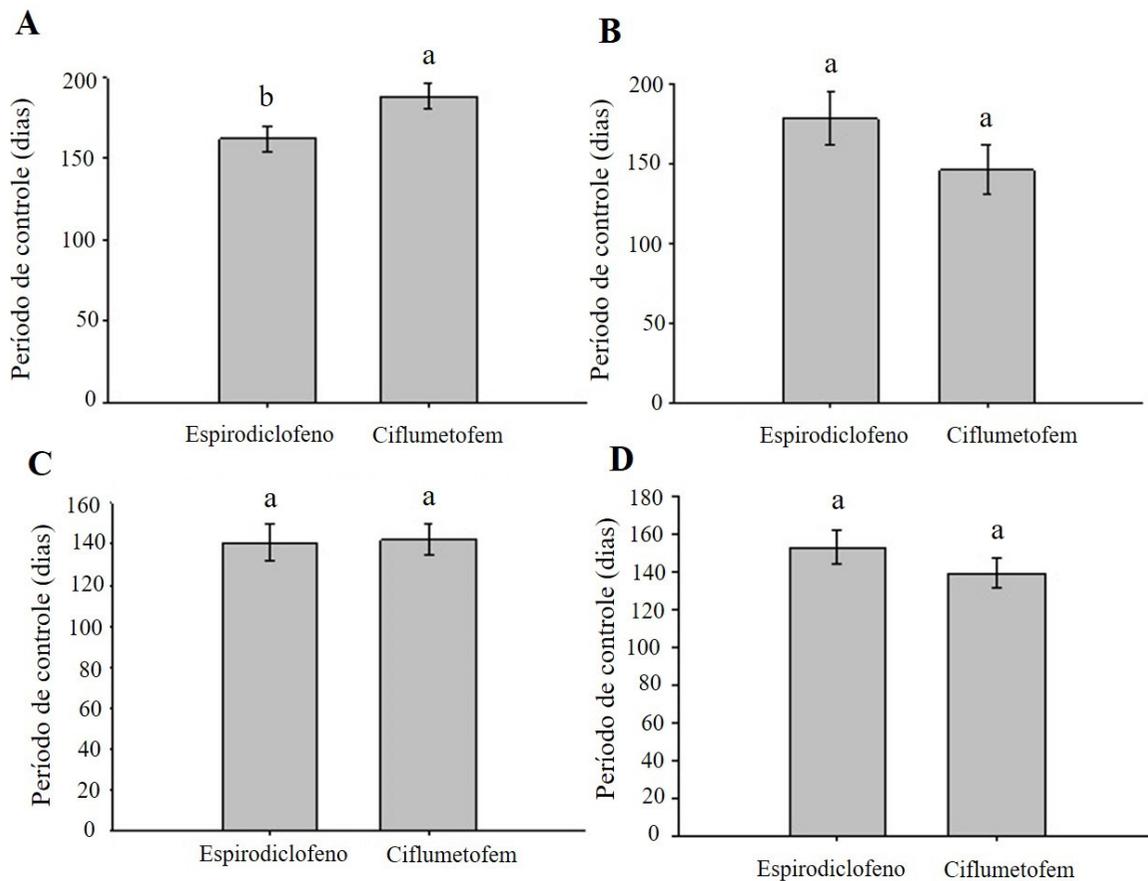


Figura 3. Análise do período de controle do ácaro da leprose dos citros em relação a aplicação de ciflumetofem e espiroclorfenol quando não ocorreu precipitação até sete dias [Coeficiente de variação (C.V.) de 28,77%] (A); ocorreu precipitação até um dia (C.V. de 22,77%) (B); ocorreu precipitação até três dias (C.V. de 4,27%) (C) e ocorreu precipitação até sete dias após as aplicações dos acaricidas (C.V. de 3,83%) (D).

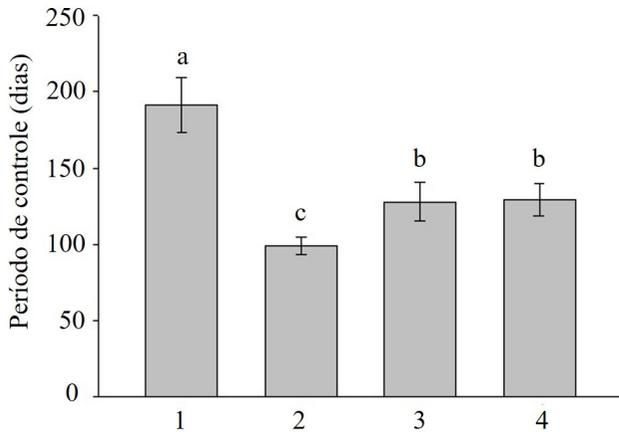


Figura 4. Período de controle do ácaro da leprose quando: (1) não ocorreu precipitação até sete dias; (2) ocorreu precipitação até um dia; (3) ocorreu precipitação até três dias; e (4) ocorreu precipitação até sete dias após as aplicações de ciflumetofem. Coeficiente de variação de 7,03%.

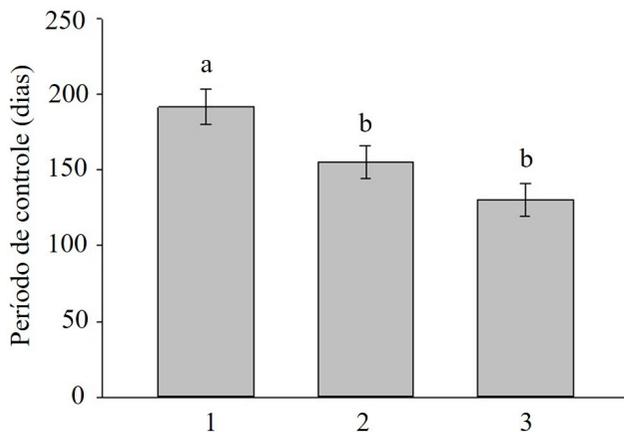


Figura 5. Período de controle do ácaro da leprose quando: (1) não ocorreu precipitação até sete dias; (2) ocorreu precipitação em um dia; (3) ocorreu precipitação até três dias após as aplicações de espiroclorfen. Coeficiente de variação de 25,18%.

CONCLUSÕES

O período de controle de *B. yothersi* proporcionado pela aplicação de acaricida é influenciado pelas variáveis: acaricida (ingrediente ativo), época de aplicação do acaricida, volume de calda, nível de infestação no momento da aplicação e ocorrência de chuvas nos primeiros dias após a aplicação. A variedade de laranja doce (Hamlin, Pera, Valência ou Natal) não interfere no período de controle proporcionado pelo acaricida. Na região norte do Estado, o período de controle

é maior quando são utilizados volumes de calda de 151 a 200 mL.m⁻³ e quando a aplicação do acaricida é realizado com níveis de infestação do ácaro de 1 a 5%. Para aplicações realizadas no outono-inverno, o acaricida ciflumetofem apresenta períodos de controle mais prolongados em comparação ao espiroclorfen. Os acaricidas espiroclorfen e ciflumetofem proporcionam maiores períodos de controle na ausência de chuvas nos primeiros dias após a aplicação. Ciflumetofem apresenta período de controle mais longo que o espiroclorfen na ausência de chuvas em até sete dias após a aplicação. Precipitações até um dia após a aplicação reduz substancialmente o período de controle de ciflumetofem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as empresas que cederam os bancos de dados utilizados nesta pesquisa. Agradecem também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa fornecida ao autor D. J. Andrade (Processo: 311579/2021-3). Agradecimentos especiais ao Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) pela colaboração e suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

- Alberti, G., & Kitajima, E. W. (2014). Anatomy and fine structure of *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae): economically important plant-virus vector. *Zoologica*, *160*, 1-192.
- Alvarenga, C. B., Teixeira, M. M., Zolnier, S., Cecon, P. R., Siqueira, D. L., Rodrigues, D. E., Sasaki, R. S., & Rinaldi, P. C. N. (2014). Efeitos do déficit de pressão de vapor d'água no ar na pulverização hidropneumática em alvos artificiais. *Bioscience Journal*, *30*(1), 182-193.
- Amaral, I., Melville, C. C., Rocha, C. M., Della Vechia, J. F., Prado, T. J., & Andrade, D. J. (2020). Sublethal effects of spiroclorfen on biological and demographic parameters of the citrus leprosis mite *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae). *Pest Management Science*, *76*(5), 1874-1880. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.5718>. PMID:31840413.
- ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal. (2004). *Manual de tecnologia de aplicação* (52 p.). São Paulo: Linea Creativa.
- Andrade, D. J., Oliveira, C. A. L., Pattaro, F. C., & Siqueira, D. S. (2010). Acaricidas utilizados na citricultura convencional e orgânica: manejo da leprose

- e populações de ácaros fitoseídeos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4), 1028-1037. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011005000013>.
- Balan, M. G., Abi-Saab, O. J. G., Silva, C. G., & Rio, A. (2008). Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(2), 293-298. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n2p293>.
- Barbosa, J. C., & Maldonado Junior, W. (2015). *AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos*. Jaboticabal: FCAV/UNESP.
- Bassanezi, R. B. (2018a). *Fatores que dificultam o controle do ácaro da leprose*. Araraquara: Fundecitrus. Recuperado em 20 de maio de 2023, de <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/fatores-que-dificultam-o-controle-do-acaro-da-leprose/645>
- Bassanezi, R. B. (2018b). *Manual de leprose dos citros: medidas essenciais de controle* (20 p.). Araraquara: Fundecitrus.
- Bastianel, M., Freitas-Astúa, J., Kitajima, E. W., & Machado, M. A. (2006). The citrus leprosis pathosystem. *Summa Phytopathologica*, 32(3), 211-220. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052006000300001>.
- Bastianel, M., Novelli, V. M., Kitajima, E. W., Kubo, K. S., Bassanezi, R. B., Machado, M. A., & Freitas-Astúa, J. (2010). Citrus leprosis: Centennial of an unusual mite virus pathosystem. *Plant Disease*, 94(3), 284-292. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-94-3-0284>. PMID:30754248.
- Bazzo, A. M. (2016). *Distribuição intraplanta do ácaro da leprose dos citros e adequação do volume de calda de acaricida para o seu controle* (Dissertação de mestrado). Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara.
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5(1), 180214. <http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2018.214>. PMID:30375988.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. (2021). *Agrofit: Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários*. Brasília. Recuperado em 2 de fevereiro de 2021, de http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- Cook, G., Kirkman, W., Clase, R., Steyn, C., Basson, E., Fourie, P. H., Moore, S. D., Grout, T. G., Carstens, E., & Hattingh, V. (2019). *Orchid fleck virus* associated with the first case of citrus leprosis-N in South Africa. *European Journal of Plant Pathology*, 155(4), 1373-1379. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-019-01854-4>.
- Della Vechia, J. F., Ferreira, M. C., & Andrade, D. J. (2018). Interaction of spirodiclofen with insecticides for the control of *Brevipalpus yothersi* in citrus. *Pest Management Science*, 74(11), 2438-2443. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4918>. PMID:29573135.
- Della Vechia, J. F., Zanardi, O. Z., Kapp, A. B. P., Bassanezi, R. B., & Andrade, D. J. (2021). Lethal and sublethal effects of insecticides on the survival and reproduction of *Brevipalpus yothersi* (Acari: Tenuipalpidae). *Experimental & Applied Acarology*, 85(2-4), 191-204. <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-021-00672-w>. PMID:34739615.
- Falconi, R. S. (2002). *Aspectos da inter-relação: ácaro da leprose Brevipalpus phoenicis (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae), Citrus sinensis (L.) e meio ambiente* (Dissertação de mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Ferreira, M. C. (2003). *Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro Brevipalpus phoenicis (G., 1939) em citros* (Tese de doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Franco, C. R., Casarin, N. F. B., Domingues, F. A., & Omoto, C. (2007). Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas inibidores da respiração celular em citros: resistência cruzada e custo adaptativo. *Neotropical Entomology*, 36(4), 565-575. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2007000400015>. PMID:17934623.
- Fuzita, A. T., Sato, M. E., Silva, M. Z., Nicastro, R. L., & Mendonça, M. J. C. (2014). Comparison of susceptibility of the pest mite *Brevipalpus phoenicis* and the predator *Agistemus brasiliensis* to agrochemicals. *Coffee Science*, 9(1), 102-109.
- Gasparino, C. F. (2013). *Tamanho da amostra e custo para monitoramento da infestação do ácaro da leprose em pomares de laranja* (Dissertação de mestrado). Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara.
- Girardi, E. A., Sola, J. G. P., Scapin, M. S., Moreira, A. S., Bassanezi, R. B., Ayres, A. J., & Peña, L. (2021). The perfect match: adjusting high tree density to rootstock vigor for improving cropping and land use efficiency of sweet orange. *Agronomy*, 11(12), 2569. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy11122569>.
- Hawkins, D. M., & Weisberg, S. (2017). Combining the box-cox power and generalised log transformations to accommodate

- nonpositive responses in linear and mixed-effects linear models. *South African Statistical Journal*, 51(2), 317-328.
- Hayashi, N., Sasama, Y., Takahashi, N., & Ikemi, N. (2013). Cyflumetofen, a novel acaricide: its mode of action and selectivity. *Pest Management Science*, 69(9), 1080-1084. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.3470>. PMID:23382003.
- Laranjeira, F. F., Silva, S. X. B., Andrade, E. C., Almeida, D. O., Silva, T. S. M., Soares, A. C. F., & Freitas-Astúa, J. (2015). Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. *Experimental & Applied Acarology*, 66(4), 491-508. <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-015-9921-4>. PMID:26021609.
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(4), 1050-1064. <http://dx.doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>.
- Lopes, M. V., Oliveira, C. A. L., Barreto, M., Barbosa, J. C., & Rossi, F. M. (2007). Dimensionamento de amostras para monitoramento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3), 671-676. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000300047>.
- Matthews, G. A. (2002). The application of chemicals for plant disease control. In J. M. Waller, J. M. Lenné, & S. J. Waller (Eds.), *Plant pathologist's pocket book* (pp. 345-353). London: CABI Publishing.
- Mineiro, J. L. C., Sato, M. E., Novelli, V. M., & Andrade, D. J. (2015). Distribuição de *Brevipalpus yothersi* Baker, 1949 (Acari: Tenuipalpidae) em diferentes hospedeiras e localidades no Estado de São Paulo. *O Biológico*, 77, 84.
- 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.
- Novelli, V. M., Freitas-Astúa, J., Antonioli-Luizon, R., Locali, E. C., Arrivabem, F., Hilf, M. E., Gottwald, T. R., & Machado, M. A. (2005). Detecção do vírus da leprose dos citros (CiLV-C) através de RT-PCR em diferentes fases de desenvolvimento do ácaro vetor (*Brevipalpus phoenicis*). In *Anais do 38º XXXVIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia* (Vol. 30, p. 183). Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia.
- 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.
- 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(spe), 56-65. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000200009>.
- Ramos-González, P. L., Chabi-Jesus, C., Guerra-Peraza, O., Breton, M. C., Arena, G. D., Nunes, M. A., Kitajima, E. W., Machado, M. A., & Freitas-Astúa, J. (2016). Phylogenetic and molecular variability studies reveal a new genetic clade of *Citrus leprosis virus C*. *Viruses*, 8(6), 153. <http://dx.doi.org/10.3390/v8060153>. PMID:27275832.
- Rocha, C. M., Della Vecchia, J. F., Savi, P. J., Omoto, C., & Andrade, D. J. (2021). Resistance to spiroadiclofen in *Brevipalpus yothersi* from Brazilian citrus groves detection, monitoring, and population performance. *Pest Management Science*, 77(7), 3099-3106. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.6341>. PMID:33638260.
- Sanches, J. J., Ferreira, M. D. 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*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(1), e-775. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018775>.
- Scapin, M. S., & Ramos, H. H. (2017). *Manual de tecnologia de aplicação em citros*. Araraquara: Fundecitrus.
- Sichieri, C. E. (2018). *Volumes de calda acaricida para o controle do ácaro da leprose dos citros (Brevipalpus yothersi) utilizando turbopulverizador convencional e eletrostático* (Dissertação de mestrado). Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara.
- 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 & Applied Acarology*, 71(3), 227-241. <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-017-0123-0>. PMID:28417249.
- Wachendorff, U., Nauen, R., Schnorbach, H. J., Rauch, N., & Elbert, A. (2002). The biological profile of spiroadiclofen (Envidor®): a new selective tetronic acid acaricide. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, 55, 149-176.

Recebido: Agosto 23, 2022
Aceito: Novembro 20, 2023

Como citar: Lacerda, L. M., Franco, D., Fukuda, L. A., Siqueira, D. S., & Andrade, D. J. (2022). Análise de variáveis que interferem no período de controle do ácaro da leprose dos citros *Brevipalpus yothersi*. *Citrus Research & Technology*, 43, e1078. <https://doi.org/10.4322/crt.23522>.