

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae)  
a acaricidas inibidores da respiração celular na cultura dos citros**

**Cláudio Roberto Franco**

**Tese apresentada para obtenção do título  
de Doutor em Ciências. Área de concentração:  
Entomologia**

**Piracicaba**

**2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Cláudio Roberto Franco**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae)  
a acaricidas inibidores da respiração celular na cultura dos citros**

**Orientador:**  
**Prof. Dr. CELSO OMOTO**

**Tese apresentada para obtenção do título  
de Doutor em Ciências. Área de concentração:  
Entomologia**

**Piracicaba**  
**2007**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Franco, Cláudio Roberto

Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas inibidores da respiração celular na cultura dos citros / Cláudio Roberto Franco. - - Piracicaba, 2007.  
81 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.  
Bibliografia.

1. Acaricidas – Resistência 2. Ácaros parasitos de plantas 3. Citricultura  
4. Controle químico 5. Leprose I. Título

CDD 632.6542

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

Aos meus pais  
Genésio Franco e Vitória Serafin Franco  
pela dedicação e incansável demonstração de amor

*DEDICO ...*

... a minha esposa Sabrina Moraes Santos Franco  
pelo amor, amizade, cumplicidade e o apoio em todos os momentos

*OFEREÇO ...*

... aos meus irmãos Valéria, Renato e Paulo pelo companherismo  
às minhas sobrinhas Caroline, Larissa e André pela alegria

*AGRADEÇO.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Celso Omoto por todas as oportunidades concedidas, confiança, amizade e conhecimentos transmitidos ao longo desses anos.

Aos professores do PPG em Entomologia João Roberto Spotti Lopes, José Maurício Simões Bento, Roberto Antonio Zucchi, José Djair Vendramin, Octávio Nakano, Gilberto Casadei Baptista, Gilberto José de Moraes, José Roberto Postali Parra, Fernando Luis Cònsoli, Luís Carlos Marchini, Evôneo Berti Filho, Sérgio Batista Alves, Sinval Silveira Neto e Ítalo Delalibera Júnior pelos ensinamentos, convívio, incentivos e amizade.

Ao Fundo de Defesa da Citricultura FUNDECITRUS pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desse projeto e pela concessão da bolsa de estudo.

Aos engenheiros agrônomos Celso Nogueira e Wagner Sciarra, funcionários da Fazenda São João, Maurício José Pereira, Aline Cristina Rosa e Luiz R. O. Mattoso da Fischer S.A. Agropecuária pelo auxílio e fornecimento de material para execução deste trabalho.

As empresas Sipcam Agro S.A., Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária, Bayer CropScience Ltda, Dow AgroSciences Industrial Ltda, Basf S.A. e Chemtura Indústria Química do Brasil Ltda pelo fornecimento de material para execução deste trabalho.

Aos engenheiros agrônomos Fernando Joly Campos, Samuel Martinelli, Marcelo Poletti, Leonardo Dantas da Silva, Nádia Fernanda B. Casarin, Roberto Hiroyuki Konno, Everaldo Batista Alves e Eloisa Salmeron pela imprescindível amizade, incentivo e colaboração na elaboração deste trabalho.

Aos estagiários do Laboratório de Resistência de Artrópodes a Pesticidas Felipe Antonio Domingues, Vitor Antonio Correa Pavinato, Lúcio de Paula Collette, Gislaíne O. Campos, Carla

Fernanda Prezotto, Kátia Fernanda Souza pelo auxílio na realização deste trabalho.

Aos funcionários e ex-funcionários do Setor de Entomologia Horozino Rodrigues dos Santos “Dino”, José Carlos R. Castilho “Carlinhos”, José Ventura Filho “Tutu”, Regina Célia B. de Moraes, João Ângelo Cerignoni, Vitor Celso da Silva, Maria Marta C. Barella, Neide Graciano Zério, João J. Forti, Heraldo Negri de Oliveira, Maria Edilene de Oliveira, Augusto César Pinheiro Florim, Solange Aparecida Vieira, Ana Gabriela e seu Chico pela amizade.

Ao professor Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias, do PPG em Estatística e Experimentação Agronômica da ESALQ/USP, pelos ensinamentos e auxílio nas análises estatísticas.

À Dr<sup>a</sup> Marinéia de Lara Haddad, do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ/USP, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos colegas do programa de Pós-graduação em Entomologia pela amizade e convívio durante esses anos.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ/USP pela ajuda e serviços prestados na busca de referências bibliográficas.

Às bibliotecárias Eliana Maria Garcia e Silvia M. Zinsly da ESALQ/USP pelo auxílio e dedicação na revisão das referências.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
1 INTRODUÇÃO .....	10
2 DESENVOLVIMENTO .....	13
2.1 Revisão bibliográfica .....	13
2.1.1 O ácaro-da-leprose <i>Brevipalpus phoenicis</i> .....	13
2.1.2 Acaricidas inibidores da respiração celular .....	14
2.1.3 Resistência de ácaros a acaricidas inibidores da respiração celular .....	16
2.1.4 Resistência cruzada entre acaricidas inibidores da respiração celular .....	17
2.1.5 Dinâmica da resistência a acaricidas inibidores da respiração celular .....	20
2.2 Material e métodos .....	21
2.2.1 Populações de <i>Brevipalpus phoenicis</i> .....	21
2.2.2 Criação de <i>Brevipalpus phoenicis</i> .....	24
2.2.3 Bioensaios toxicológicos .....	24
2.2.4 Monitoramento da suscetibilidade de populações de <i>Brevipalpus phoenicis</i> a acaricidas inibidores da respiração celular .....	25
2.2.5 Relação de resistência cruzada entre propargite e outros acaricidas inibidores da respiração celular em <i>Brevipalpus phoenicis</i> .....	26
2.2.6 Avaliação do custo adaptativo associado à resistência de <i>Brevipalpus phoenicis</i> a propargite .....	27
2.3 Resultados e discussão .....	28
2.3.1 Monitoramento da suscetibilidade de populações de <i>Brevipalpus phoenicis</i> a acaricidas inibidores da respiração celular .....	28
2.3.2 Relação de resistência cruzada entre propargite e outros acaricidas inibidores da respiração celular em <i>Brevipalpus phoenicis</i> .....	44
2.3.3 Avaliação do custo adaptativo associado à resistência de <i>Brevipalpus phoenicis</i> a propargite .....	55



2.4 Implicações no manejo da resistência de <i>Brevipalpus phoenicis</i> a acaricidas na citricultura .....	62
3 CONCLUSÕES .....	64
REFERÊNCIAS .....	65
APÊNDICES .....	75

## RESUMO

### **Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas inibidores da respiração celular em pomares de citros**

Acaricidas que interferem na respiração celular, especialmente na produção de energia (ATP), tem sido um importante componente em programas de manejo da resistência a acaricidas. Basicamente esses acaricidas interferem na fosforilação oxidativa ou no transporte de elétrons na mitocôndria pela inibição ou interrupção de algum processo específico. Esse grupo de acaricidas tem sido um dos mais utilizados para o controle de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) na cultura dos citros no Brasil. No entanto, há poucos estudos sobre a suscetibilidade e possíveis relações de resistência cruzada para os acaricidas inibidores da respiração celular em *B. phoenicis*. Sendo assim, o objetivo principal do presente trabalho foi entender a situação da resistência de *B. phoenicis* a esses acaricidas para o estabelecimento de estratégias de manejo da resistência. Foram conduzidos estudo para avaliar (a) a variabilidade na suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros aos acaricidas cyhexatin, azocyclotin, propargite e enxofre; (b) as relações de resistência cruzada entre propargite e os acaricidas azocyclotin, cyhexatin, dinocap, pyridaben e enxofre; e (c) o custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite em condições de laboratório. O método de bioensaio adotado foi o de contato residual para a caracterização da suscetibilidade de *B. phoenicis* a esses acaricidas. O monitoramento da suscetibilidade a esses acaricidas em diferentes populações de *B. phoenicis* foi realizado com concentrações diagnósticas baseadas na concentração letal 95 (CL<sub>95</sub>) de cada acaricida. Para verificar a presença de resistência cruzada entre propargite e demais acaricidas, as respostas de concentração-mortalidade das linhagens suscetível (S) e resistente ao propargite (Propargite-R) foram caracterizadas para cyhexatin, azocyclotin, dinocap, pyridaben e enxofre. O custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite foi avaliado mediante comparação de parâmetros biológicos das linhagens S e Propargite-R mantidas em frutos de laranja a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h. Foram verificadas diferenças significativas na sobrevivência de populações de *B. phoenicis* nas concentrações diagnósticas testadas para cyhexatin (de 16,3 a 80,5%), azocyclotin (de 3,0 a 15,0%), propargite (de 1,0 a 71,6%) e enxofre (de 9,0 a 82,6%). Uma baixa intensidade de resistência cruzada foi verificada entre propargite e os acaricidas azocyclotin (1,8 vezes), cyhexatin (4,6 vezes), dinocap (3,5 vezes) e pyridaben (3,5 vezes). Por outro lado, a intensidade de resistência cruzada a enxofre (> 111 vezes) foi bastante alta. Não foi verificada presença de custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite, baseado nos parâmetros biológicos avaliados. Portanto, o uso desses acaricidas também deve ser feito de maneira criteriosa em programas de manejo da resistência de *B. phoenicis* a acaricidas.

Palavras-chave: Ácaro-da-leprose; Organoestânico; Propargite; Resistência a acaricidas

## ABSTRACT

### **Resistance of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) to acaricides that inhibit cellular respiration in citrus groves**

Acaricides that affect the cellular respiration process, specifically in the energy production (ATP), have been an important component in acaricide resistance management programs. Basically, these acaricides interfere in the oxidative phosphorylation or electron transportation in the mitochondria, by inhibiting or disrupting some specific process. This group of acaricide plays an important role in the control of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) in citrus groves in Brazil. However, there are only few studies on the susceptibility and possible cross-resistance to the acaricides that are inhibitors of cellular respiration in *B. phoenicis*. Then, the major objective of this work was to collect data to implement strategies to manage the resistance of *B. phoenicis* to these acaricides. Studies were conducted to evaluate (a) the variability in the susceptibility among *B. phoenicis* populations collected from citrus groves to the acaricides cyhexatin, azocyclotin, propargite and sulphur; (b) cross-resistance relationships between propargite and the acaricides azocyclotin, cyhexatin, dinocap, pyridaben and sulphur; and (c) the fitness cost associated with propargite resistance in *B. phoenicis* under laboratory conditions. A residual-type contact bioassay was used to characterize the susceptibility of *B. phoenicis* to these acaricides. The monitoring of the susceptibility to these acaricides in different *B. phoenicis* populations was conducted with diagnostic concentrations based on lethal concentration 95 (LC<sub>95</sub>) of each acaricide. The cross-resistance between propargite and other acaricides was evaluated by characterizing the concentration-mortality responses of susceptible (S) and propargite-resistant (Propargite-R) strains to cyhexatin, azocyclotin, dinocap, pyridaben and sulphur. The fitness cost associated with *B. phoenicis* resistance to propargite was evaluated by measuring the biological parameters of S and Propargite-R strains on citrus fruits at  $25 \pm 1$  °C and photophase of 14 h. Significant differences in the susceptibility of *B. phoenicis* were detected at diagnostic concentration of cyhexatin (survivorship from 16.3 to 80.5%), azocyclotin (from 3.0 to 15.0%), propargite (from 1.0 a 71.6%) and sulphur (from 9.0 to 82.6%). A low intensity of cross-resistance was detected between propargite and the acaricides azocyclotin (1.8-fold), cyhexatin (4.6-fold), dinocap (3.5-fold) and pyridaben (3.5-fold). On the other hand, the intensity of cross-resistance to sulphur (> 111-fold) was very high. There was no fitness cost associated with *B. phoenicis* resistance to propargite, based on biological parameters evaluated. Therefore, the use of these acaricides should also be done very carefully in resistance management of *B. phoenicis* to acaricides.

Keywords: Flat mite; Organotin; Propargite; Resistance to acaricides

## 1 INTRODUÇÃO

Os acaricidas inibidores da respiração celular são importantes no manejo de ácaros em diversas culturas. Esses acaricidas atuam em diversas etapas da respiração celular comprometendo, principalmente, a geração de energia (ATP), e são divididos de acordo com o seu provável modo de ação em: (a) inibidores da fosforilação oxidativa via interrupção da síntese de ATP (organoestânicos, diafenthiuron, propargite e tetradifon), (b) desacopladores da fosforilação oxidativa via interrupção do gradiente de próton  $H^+$  (chlorfenapyr e dinocap), (c) inibidores do transporte de elétrons no complexo I (pyridaben, fenpyroximate, fenazaquin e tebufenpyrad) e (d) no complexo III (acequinocyl). Embora não muito bem elucidado, o grupo dos inibidores da fosforilação oxidativa via interrupção da síntese de ATP são subdivididos em: (i) organoestânicos (cyhexatin, óxido de fenbutatin e azocyclotin), (ii) propargite e tetradifon e (iii) diafenthiuron (CORBETT; WRIGHT; BAILLIE, 1984; DEKEYSER, 2005; INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE – IRAC, 2007). Além desses acaricidas, o enxofre, um acaricida-fungicida inorgânico, interfere possivelmente na respiração celular (HASSALL, 1982).

Os acaricidas que interferem no processo de respiração celular têm sido bastante utilizados no manejo de ácaros na cultura dos citros no Brasil, principalmente, para o controle do ácaro-da-leprose, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), uma importante praga desta cultura, por ser o transmissor do vírus causador da leprose dos citros. Atualmente, entre os ingredientes ativos registrados para o seu controle, quase a metade atua na respiração celular (organoestânicos, propargite, chlorfenapyr, dinocap, pyridaben, fenpyroximate e enxofre). Dentro deste grupo de acaricidas, destacam-se os organoestânicos, propargite e enxofre. (COOPERCITRUS<sup>1</sup>, informação pessoal; NAKANO, 1995).

Devido à utilização freqüente de acaricidas que interferem na respiração celular, um dos grandes entraves para a continuidade do sucesso no seu uso tem sido a rápida evolução da resistência. O problema da resistência a esses acaricidas já foi reportado em várias espécies de ácaros de importância econômica, principalmente devido a problemas de resistência cruzada (EDGE; JAMES, 1986; HERRON; HOPHAIL, 1998; STUMPF; NAUEN, 2001). Na Austrália, a evolução da resistência a cyhexatin em *Tetranychus urticae* Koch conferiu resistência também aos acaricidas azocyclotin e óxido de fenbutatin que não haviam sido previamente utilizados

---

<sup>1</sup> COOPERATIVA DOS CAFEICULTORES E CITRICULTORES DE SÃO PAULO, 2001.

(EDGE; JAMES, 1986). O primeiro caso de resistência a propargite em *T. urticae* foi provavelmente devido à resistência cruzada com tetradifon em pomares de maçã na Austrália (UNWIN, 1973). A evolução da resistência a tebufenpyrad em *T. urticae* conferiu resistência cruzada com pyridaben, fenpyroximate, fenazaquin e chlorfenapyr na Austrália (HERRON; HOPHAIL, 1998), na Inglaterra e no Japão (DEVINE; BARBER; DENHOLM, 2001; STUMPF; NAUEN, 2001). Casos de resistência cruzada já foram também reportados com acaricidas com modos de ação distintos, por exemplo, entre propargite e dicofol em *T. urticae* e *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (DENNEHY et al., 1987; GRAFTON-CARDWELL; GRANETT; LEIGH, 1987; MANSOUR; PLAUT, 1979), entre tebufenpyrad e dicofol em *T. urticae* (STUMPF; NAUEN, 2001) e entre chlorfenapyr e amitraz, bromopropylate, clofentezine e dimethoate em *T. urticae* (VAN LEEUWEN; STILLATUS; TIRRY, 2004). Como esses estudos não foram realizados com linhagens isogênicas, esses casos de resistência cruzada podem ter sido devido à resistência múltipla, ou seja, a resistência a diferentes acaricidas devido a mais de um mecanismo de resistência.

A estabilidade da resistência de ácaros a acaricidas inibidores da respiração celular tem comprometido as estratégias de manejo da resistência, ou seja, quando a frequência de resistência se mantém relativamente estável mesmo na ausência da pressão de seleção. Os principais fatores que afetam a dinâmica da resistência são: (a) o custo adaptativo dos indivíduos resistentes na ausência de pressão de seleção e (b) a imigração de indivíduos suscetíveis (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977; ROUSH; CROFT, 1986; ROUSH; MCKENZIE, 1987). Por exemplo, a estabilidade da resistência em condições de laboratório foi detectada em *Tetranychus pacificus* McGregor para cyhexatin e propargite (HOY; CONLEY, 1989; HOY; CONLEY; ROBINSON, 1988) e em *T. urticae* para tebufenpyrad (HERRON; HOPHAIL, 2002) e em condições de campo em *T. urticae* para cyhexatin e óxido de fenbutatin (TIAN; GRAFTON-CARDWELL; GRANETT, 1992). Por outro lado, casos de instabilidade da resistência também têm sido relatados em *T. urticae* a cyhexatin e fenpyroximate; no entanto, a reversão para a suscetibilidade foi bastante lenta (EDGE; JAMES, 1986; SATO et al., 2004).

A evolução da resistência de *B. phoenicis* já foi confirmada para dicofol [razão de resistência (RR) de 57 vezes] (OMOTO; ALVES; RIBEIRO, 2000), hexythiazox (RR >10.000 vezes) (CAMPOS; OMOTO, 2002) e propargite (RR de 10 vezes) (FRANCO, 2002). Apesar do intenso uso de acaricidas organoestânicos, até o ano de 1999, não foram detectados casos de

resistência a níveis acima da frequência crítica (> 10% de indivíduos resistentes) em populações de *B. phoenicis* a óxido de fenbutatin e cyhexatin em pomares de citros do Estado de São Paulo (KONNO; FRANCO; OMOTO, 2001). Entretanto, nos últimos anos, houve um aumento nas reclamações de falhas no controle de *B. phoenicis* pelo uso de organoestânicos e outros acaricidas inibidores da respiração celular.

O grupo de acaricidas inibidores da respiração celular tem sido um dos mais utilizados para o controle de *B. phoenicis* na cultura dos citros no Brasil. No entanto, há poucos estudos sobre a suscetibilidade e possíveis relações de resistência cruzada entre esses acaricidas em *B. phoenicis*. Sendo assim, o objetivo principal do presente trabalho foi entender a situação da resistência de *B. phoenicis* a esses acaricidas para o estabelecimento de estratégias de manejo da resistência. Foram conduzidos estudo para avaliar: (a) a variabilidade na suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros aos acaricidas cyhexatin, azocyclotin, propargite e enxofre; (b) as relações de resistência cruzada entre propargite (inibidor da ATPase mediada pelo íon  $Mg^{2+}$ ) e os acaricidas cyhexatin, azocyclotin (ambos organoestânicos), dinocap (desacoplador da fosforilação oxidativa via disrupção do gradiente de próton  $H^+$ ), pyridaben (inibidor do transporte de elétrons no complexo I) e enxofre (acaricida-fungicida inorgânico); e (c) o custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite em condições de laboratório.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Revisão bibliográfica

#### 2.1.1 O ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis*

O ácaro-da-leprose *B. phoenicis* (Geijskes) é uma espécie polífaga e apresenta distribuição cosmopolita, tendo sido encontrado na África, Ásia, Austrália, Europa, América do Norte, América do Sul e Ilhas do Pacífico (HARAMOTO, 1969). Segundo Childers et al. (2003), foram descritas 928 espécies de plantas em 513 gêneros dentro de 139 famílias de plantas hospedeiras de *Brevipalpus californicus* (Banks), *Brevipalpus obovatus* (Donnadieu) e *B. phoenicis*, sendo que o ácaro-da-leprose foi relatado em 486 espécies de plantas. No Brasil, a presença de *B. phoenicis* em citros foi confirmada em 1959 (ROSSETTI et al., 1959). Segundo Trindade e Chiavegato (1994) o ácaro-da-leprose foi encontrado em 34 espécies de plantas cultivadas, ornamentais e daninhas em pomares cítricos de várias localidades do Estado de São Paulo.

No Brasil, além de estar associado à transmissão do vírus da leprose (KITAJIMA et al., 1972; MUSUMECI; ROSSETTI, 1963; RODRIGUES et al., 1997) e da clorose zonada em citros (ROSSETTI et al., 1965) *B. phoenicis* também é importante vetor de outras doenças como a mancha anular do cafeeiro (CHAGAS, 1973), a pinta verde no maracujá amarelo (KITAJIMA et al., 1997), a mancha anular em *Ligustrum lucidum* L. (RODRIGUES; NOGUEIRA, 1996) e em outras plantas ornamentais (CHILDERS et al., 2001; CHILDERS; DERRICK, 2003).

O ciclo biológico de *B. phoenicis* é constituído pelas fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto, sendo que entre cada ínstar ocorrem períodos de imobilidade chamados de protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida (HARAMOTO, 1969; FLECHTMANN, 1985). A postura é realizada em locais protegidos, como em frestas na superfície de plantas. Os ovos são colocados individualmente, entretanto, é comum verificar a presença de ovos agrupados (HARAMOTO, 1969; LAL, 1978). Haramoto (1969) estudou em laboratório o ciclo de vida de *B. phoenicis* em frutos de mamoeiro em diferentes condições de umidade e temperatura. O

desenvolvimento do ácaro-da-leprose nas faixas de umidade de 65 a 70% e 85 a 90% foram semelhantes, enquanto na umidade de 25 a 30% houve redução superior a 90% na viabilidade de ovos e prolongamento do período de incubação. Nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C e umidade relativa entre 65 e 70% o período de incubação foi de 22,2; 9,4 e 8,2 dias, o período de ovo a adulto de 48,8; 29,3 e 18,6 dias, a longevidade de 45,8; 34,8 e 10,5 dias e a fecundidade de 10,6; 57,5 e 6,4 ovos respectivamente. Chiavegato (1986) estudou a biologia de *B. phoenicis* utilizando frutos e folhas de laranja da variedade Pera Rio e observou que o período de ovo a adulto foi mais rápido em frutos do que em folhas a 30 °C com valores de 14,4 e 17,6 dias respectivamente. O desenvolvimento em frutos na temperatura de 20 °C foi de 43,5 dias. O número de ovos em frutos a 30 e 20 °C foi de 39,2 e 8,6 ovos, respectivamente, enquanto em folhas a 30 °C foi de 8,6 ovos. Em trabalho conduzido em condições de campo por Oliveira (1986) revelaram que a infestação média do ácaro-da-leprose em folhas novas, folhas velhas e frutos foi de 0,6; 4,3 e 95,2 % respectivamente.

As diferentes plantas cítricas podem influenciar no desenvolvimento do ácaro-da-leprose. Chiavegato e Mischan (1987) observaram que frutos das variedades Valência e Murcote foram mais favoráveis ao desenvolvimento do ácaro do que o Limão Taiti e Siciliano e Lima da Pérsia. Trindade e Chiavegato (1990) verificaram que as variedades Natal, Valência e Pera Rio foram as mais favoráveis ao desenvolvimento de *B. phoenicis* do que as variedades Ponkan, Limão Cravo, Laranja Azeda e Cleópatra, sendo esta última a menos favorável.

### **2.1.2 Acaricidas inibidores da respiração celular**

O primeiro inseticida empregado no controle de pragas que atua na respiração celular foi a rotenona que é um composto de origem botânica em 1848 e o DNOC (dinitrocresol) introduzido em 1892 foi o primeiro inseticida orgânico sintético desse grupo. No entanto, os avanços no desenvolvimento de produtos que interferem no processo da respiração celular começaram somente a partir da década de 70 (CASIDA; QUISTAD, 1998; WARE, 1991). O alvo do processo de respiração celular apresenta grande potencial a ser explorado para o desenvolvimento de novas moléculas, por serem compostos com alta atividade biológica sobre diversas espécies de ácaros (CASIDA; QUISTAD, 1998; DEKEYSER, 2005; STUMPF; NAUEN, 2001).



A respiração celular compreende diversas etapas bioquímicas responsáveis pela geração de energia (ATP). Portanto, os acaricidas que interferem na respiração celular podem comprometer a formação de ATP e de compostos intermediários necessários em outros processos bioquímicos. Esse grupo de acaricidas atua em diversos sítios de ação na última etapa da respiração celular, chamada de fosforilação oxidativa, que ocorre no interior das mitocôndrias (CORBETT; WRIGHT; BAILLIE, 1984; FUKAMI, 1976; WARE, 1991). Em síntese, a fosforilação oxidativa inicia-se com o transporte de elétrons na cadeia de transporte de elétrons ou cadeia respiratória que é constituída por quatro complexos protéicos (complexo I, II, III e IV) localizados na membrana interna da mitocôndria e dois transportadores de elétrons, a ubiquinona e o citocromo c. O transporte de elétrons gera um gradiente de prótons ( $H^+$ ), chamado de força próton motriz, no espaço intermembranoso, que retorna a matriz mitocondrial pela ATP sintetase ou ATPase produzindo ATP pela fosforilação do  $ADP + P_i$ .

Dentro deste grupo de acaricidas, destacam-se os organoestânicos (cyhexatin, óxido de fenbutatin e azocyclotin), principalmente o cyhexatin, por ter sido amplamente utilizado em diversos países desde 1967 (WARE, 1991). Os acaricidas organoestânico atuam como inibidores da fosforilação oxidativa (ausência de síntese de ATP e consumo de oxigênio), possivelmente impedindo o gradiente de prótons ou pela inibição da ATPase. O acaricida dinitrofenol dinocap também impede a fosforilação oxidativa, assim como o DNOC, mas como um desacoplador da fosforilação (ausência de síntese de ATP, mas sem efeito na respiração celular). Entretanto, um dos compostos metabolizados, com a hidrólise de dinocap, tem alta atividade como inibidor da fosforilação. Já o acaricida propargite inibe a ATPase mediada pelo íon  $Mg^{2+}$  (CORBETT; WRIGHT; BAILLIE, 1984; FUKAMI, 1976; KADIR; KNOWLES, 1991).

Novos inseticida-acaricidas desse grupo vêm sendo comercializados, principalmente aqueles que interferem no transporte de elétrons na mitocôndria (DEKEYSER, 2005). Os acaricidas pyridaben, fenpyroximate, fenazaquin e tebufenpyrad atuam no complexo I da cadeia respiratória, bem como a rotenona. Já o acequinocyl, um composto pertencente ao grupo das naphthoquinones, atua no complexo III da cadeia transporte de elétrons; chlorfenapyr atua na inibição da fosforilação oxidativa mediante o desacoplamento de prótons  $H^+$  da mitocôndria; e o diafenthiuron atua como um inibidor da ATPase mitocondrial (DEKEYSER, 2005; LEONARD, 2000; SCHULER; CASIDA, 2001). Além desses acaricidas organossintéticos, destaca-se o enxofre que embora seja um dos produtos mais antigos utilizados na proteção de plantas, ainda é

desconhecido o seu sítio de ação, mas algumas evidências indicam que pode interferir na respiração celular, assim como também não está claro qual seja a forma tóxica, talvez na forma elementar (S), polissulfetos (S<sub>x</sub>) (teoria da hidrólise) ou sulfeto de hidrogênio/ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) (teoria da redução) (HASSALL, 1982).

### 2.1.3 Resistência de ácaros a acaricidas inibidores da respiração celular

Casos de resistência de ácaros a acaricidas que interferem no processo da respiração celular já foram documentados em diversos países para as principais espécies de ácaros de importância econômica. A resistência já foi confirmada para os acaricidas organoestânicos, entre eles, óxido de fenbutatin nos Estados Unidos em *T. urticae* [razão de resistência (RR) de 480 vezes] e *T. pacificus* (RR de 35 vezes) (HOY; CONLEY; ROBINSON, 1988; TIAN; GRAFTON-CARDWELL; GRANETT, 1992) e na Austrália em *T. urticae* (RR de 127 vezes) (EDGE; JAMES, 1986; HERRON; EDGE; ROPHAIL, 1994). Para cyhexatin em Israel em *T. cinnabarinus* (RR de 2 vezes) (MANSOUR; PLAUT, 1979), na Austrália em *T. urticae* (RR de 79 vezes) (EDGE; JAMES, 1986; HERRON; EDGE; ROPHAIL, 1994), nos Estados Unidos em *T. urticae* (RR de 38 vezes) (TIAN; GRAFTON-CARDWELL; GRANETT, 1992), *T. pacificus* (RR de 19 vezes) (HOY; CONLEY; ROBINSON, 1988) e *Panonychus ulmi* (Koch) (RR de 12 vezes) (PREE; WAGNER, 1987; WELTY et al., 1987).

Casos de resistência também já foram documentados a propargite na Austrália em *T. urticae* (RR de 3,6 vezes) (UNWIN, 1973), em Israel em *T. cinnabarinus* (RR de 5 vezes) (MANSOUR; PLAUT, 1979), na Nova Zelândia em *T. urticae* (RR de 5,2 vezes) e *P. ulmi* (RR de 6,8 vezes) (CHAPMAN; PENMAN, 1984), nos Estados Unidos em *T. urticae* (RR de 42 vezes) e *T. pacificus* (RR de 42 vezes) (GRAFTON-CARDWELL; GRANETT; LEIGH, 1987; KEENA; GRANETT, 1985, 1987) e na China em *Tetranychus viennensis* Zacher (RR de 130 vezes) (SHEN, 1999).

A evolução da resistência para os acaricidas que atuam no complexo I do transporte de elétrons foi detectada em *T. urticae* a tebufenpyrad na Austrália (RR de 63 vezes) (HERRON; ROPHAIL, 1998), na Inglaterra (RR de 46 vezes) e no Japão (RR de 64 vezes) (DEVINE; BARBER; DENHOLM, 2001; STUMPF; NAUEN, 2001). Na França, Auger et al. (2003)

encontraram populações de *P. ulmi* coletadas em pomares de maçã resistentes a fenazaquin e tebufenpyrad (RR de 9 e 16 vezes respectivamente).

No Brasil, a evolução da resistência já foi detectada em populações de *T. urticae* coletadas em roseira, videira, morangueiro e pessegueiro no Estado de São Paulo aos acaricidas propargite e cyhexatin, com razão de resistência de até 2 e 5 vezes respectivamente (SATO et al., 1994, 2000; SOUZA FILHO et al., 1994; SUPPLY FILHO et al. 1994; TAKEMATSU et al., 1994). Segundo Silva et al. (2002) foram observadas diferenças significativas na sobrevivência, utilizando-se de um bioensaio de concentração discriminatória, em populações de *T. urticae* coletadas em diferentes culturas a propargite. No entanto, verificaram que o controle em campo ainda era satisfatório com propargite, mesmo em uma população coletada em morangueiro com razão de resistência de 73 vezes (SATO; SILVA, 2002). Para o acaricida fenpyroximate, o potencial de evolução da resistência também foi alto, sendo que em uma população do ácaro rajado coletado também em morangueiro, a razão de resistência alcançada foi de 2.910 vezes, após cinco processos de seleção em laboratório (SATO et al., 2004).

Para *B. phoenicis*, a resistência a propargite foi caracterizada com razão de resistência de 10 vezes (FRANCO, 2002). Embora os acaricidas organostânicos ainda sejam muito utilizados na citricultura paulista (NAKANO, 1995; COOPERCITRUS, 2001), até o ano de 1999, não foram observados casos de resistência a níveis críticos em populações de *B. phoenicis* a óxido de fenbutatin e cyhexatin em pomares de citros do Estado de São Paulo (KONNO; FRANCO; OMOTO, 2001).

#### **2.1.4 Resistência cruzada entre acaricidas inibidores da respiração celular**

O desenvolvimento da resistência é dependente da variabilidade pré-existente na população de artrópodes (CROW, 1957; HARTLEY et al. 2006). O processo de seleção do(s) gene(s) da resistência a um determinado agente de controle, pode conferir resistência a outro(s) composto(s) e não apenas ao produto utilizado (OPPENORTH, 1985). Casos de resistência cruzada ocorrem quando um mecanismo de resistência confere resistência para outro(s) produto(s), não somente para aquele que exerceu a pressão de seleção. É possível observar dois padrões de resistência cruzada nas avaliações das curvas de concentração-resposta: (a) curvas

paralelas quando a resistência observada para um composto confere resistência para outro composto também e (b) curvas cruzadas quando podem ocorrer respostas diferentes para os dois compostos, ou seja, são independentes. Uma possível explicação para esse fato podem ser diferenças quantitativas e qualitativas, respectivamente, no mecanismo de resistência. Outra situação, embora rara, são os casos de resistência cruzada negativa que é descrito quando a resistência para um produto confere maior suscetibilidade para outro. Já o termo resistência múltipla é aplicado quando há dois ou mais mecanismos de resistência envolvidos (OPPENORTH, 1984, 1985).

Diversos trabalhos relatam casos de resistência cruzada, principalmente, entre os acaricidas que interferem no processo da respiração celular, mas também com acaricidas de outros grupos químicos. Para os acaricidas organoestânicos, há relatos de resistência cruzada entre cyhexatin e os acaricidas propargite e dicofol em *T. cinnabarinus* (MANSOUR; PLAUT, 1979). Na Austrália, o uso do cyhexatin em populações de *T. urticae* proporcionou resistência cruzada com azocyclotin e óxido de fenbutatin, embora esses dois acaricidas não tenham sido utilizados em campo (EDGE; JAMES, 1986). Na Califórnia, Estados Unidos, também foi observada resistência cruzada entre cyhexatin e óxido de fenbutatin em *T. urticae* e *T. pacificus* (HOY; CONLEY; ROBINSON, 1988; TIAN; GRAFTON-CARDWELL; GRANETT, 1992).

O primeiro caso de resistência a propargite em *T. urticae* foi, provavelmente, devido à resistência cruzada a tetradifon em pomares de maçã na Austrália, uma vez que propargite não havia sido utilizado nesses pomares (UNWIN, 1973). Segundo Overmeer; Van Zon e Helle (1975) populações de *T. urticae* resistentes a tetradifon também foram resistentes a dicofol e parathion. Resistência cruzada entre propargite e dicofol foi verificada para *T. cinnabarinus* (MANSOUR; PLAUT, 1979) e em *T. urticae* (DENNEHY et al., 1987). Entretanto, segundo Grafton-Cardwell; Granett e Leigh (1987) para *T. urticae* e *T. pacificus* a resistência entre propargite e dicofol pode ser um caso de resistência múltipla, uma vez que apenas 9% das populações de *T. urticae* testadas e 16% de *T. pacificus* apresentaram resistência a ambos acaricidas.

Para os acaricidas que afetam o transporte de elétrons na mitocôndria (por exemplo, pyridaben, fenpyroximate e tebufenpyrad), casos de resistência cruzada entre esses acaricidas tem sido verificados em locais onde foram utilizados apenas tebufenpyrad, ou seja, o intenso uso deste acaricida comprometeu a eficácia do pyridabem e fenpyroximate, devida à resistência

cruzada. A evolução da resistência a tebufenpyrad (RR de 63 vezes) em *T. urticae* na Austrália conferiu resistência cruzada a pyridaben (intensidade de resistência cruzada > 210 vezes), fenpyroximate (24 vezes) e chlorfenapyr (2 vezes) (HERRON; HOPHAIL, 1998). Resultados semelhantes também foram observados em populações coletadas na Inglaterra (resistência cruzada a pyridaben fenpyroximate e fenazaquin) e Japão (resistência cruzada a pyridaben fenpyroximate, fenazaquin e dicofol) (DEVINE; BARBER; DENHOLM, 2001; STUMPF; NAUEN, 2001). Goka (1998) detectou uma população de *Tetranychus kanzawai* Kishida, coletada no Japão, com alta razão de resistência aos acaricidas tebufenpyrad (RR de 97 vezes), pyridaben (RR de 1.254 vezes) e fenpyroximate (RR de 134 vezes). Resistência cruzada entre fenazaquin e tebufenpyrad foi observada em populações de *P. ulmi* em pomares de maçã na França (AUGER et al., 2003). Na Bélgica, Van Leeuwen; Stillatus e Tirry (2004) selecionaram uma linhagem de *T. urticae* resistente a chlorfenapyr (RR de 580 vezes) e verificaram resistência cruzada a amitraz (19 vezes), bromopropylate (8 vezes), clofentezine (30 vezes) e dimethoate (18 vezes), após 12 ciclos de seleção em laboratório. Segundo Kim et al. (2004) uma linhagem resistente de *T. urticae* a fenpyroximate (RR 252 vezes) apresentou resistência cruzada para acrinathrin (196 vezes), propargite (64 vezes), benzoximate (55 vezes), pyridaben, abamectin, tebufenpyrad, óxido de fenbutatin e fenpropathrin (entre 11 e 40 vezes) e para azocyclotin, bromopropylate, chlorfenapyr, dicofol, fenazaquin e milbemectin (< 10 vezes). Devine e Khambay (2001) não observaram resistência cruzada entre tebufenpyrad (atua no complexo I) e os acaricidas do grupo das naphthoquinones (atuam no complexo III).

No Brasil, Sato et al. (2004) selecionaram uma linhagem de *T. urticae* resistente a fenpyroximate em condições de laboratório, cuja razão de resistência estimada foi de 2.910 vezes. Essa linhagem apresentou resistência cruzada a pyridaben (53 vezes), dimetoato (4 vezes) e chlorfenapyr (2 vezes).

Para *B. phoenicis*, além da detecção da resistência para propargite (FRANCO, 2002), já foi documentada a resistência para dicofol (RR de 57 vezes) (OMOTO; ALVES; RIBEIRO, 2000) e hexythiazox (RR > 10.000 vezes) (CAMPOS; OMOTO, 2002). Segundo Alves; Omoto e Franco (2000), a linhagem resistente a dicofol não apresentou resistência cruzada a propargite e óxido de fenbutatin. Por outro lado, foi verificada a presença de resistência cruzada negativa a fenpyroximate.

### 2.1.5 Dinâmica da resistência a acaricidas inibidores da respiração celular

Os principais fatores que afetam a dinâmica da resistência são: (a) o custo adaptativo dos indivíduos resistentes na ausência de pressão de seleção e (b) a imigração de indivíduos suscetíveis. Os indivíduos resistentes, na ausência de pressão de seleção, geralmente apresentam um custo adaptativo comparado aos indivíduos suscetíveis, que pode estar relacionado à desvantagem nos parâmetros biológicos (tais como tempo para desenvolvimento, fecundidade e fertilidade) (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977; ROUSH; CROFT, 1986; ROUSH; MCKENZIE, 1987). Segundo Crow (1957), os genótipos resistentes provavelmente apresentam desvantagens adaptativas na ausência de pressão de seleção; caso contrário, os indivíduos resistentes seriam mais comuns antes do processo de seleção. A ocorrência de menor valor adaptativo da linhagem resistente permite o rápido restabelecimento da suscetibilidade na ausência de pressão de seleção em condições de campo. A instabilidade da resistência pode ser explorada em programas de manejo da resistência, sendo uma das condições para o sucesso da rotação de produtos, porque na ausência da pressão de seleção por um produto (A) com a pulverização de um produto alternativo (B), desde que não apresentem resistência cruzada ou múltipla, devido ao custo adaptativo dos indivíduos resistentes ao produto (A) comparado aos indivíduos suscetíveis ocorre o restabelecimento da suscetibilidade (GEORGHIOU, 1972).

A resistência de *T. pacificus* a cyhexatin e propargite foi estável, em condições de laboratório, durante um período de nove e cinco meses respectivamente (HOY; CONLEY, 1989; HOY; CONLEY; ROBINSON, 1988). Nessa situação, a reversão para a suscetibilidade seria dependente da imigração de ácaros suscetíveis em condições de campo. Tian; Grafton-Cardwell e Granett (1992) também observaram estabilidade da resistência de *T. urticae* aos acaricidas cyhexatin e óxido de fenbutatin em pomares de pêra na Califórnia, EUA, durante um período de 14 meses. A linhagem de *T. urticae* resistente a tebufenpyrad, cuja razão de resistência estimada foi de 63 vezes, declinou para uma razão de resistência de 2 vezes somente após 55 meses em condições de laboratório (HERRON; HOPHAIL, 2002).

Na Austrália, numa população de *T. urticae* resistente a cyhexatin a razão de resistência reduziu de 7,5 vezes para 2 vezes, somente após  $\approx 70$  gerações (EDGE; JAMES, 1986). Sato et al. (2004) reportaram a instabilidade da resistência de *T. urticae* a fenpyroximate no Brasil, sendo que em populações com frequências iniciais de 75 e 50% de ácaros resistentes atingiram

freqüências de 49,6 e 31,7% de resistentes respectivamente, somente após 11 a 12 meses em condições de laboratório.

Flexner et al. (1989) verificaram que um período de aproximadamente 12 meses foi necessário para a reversão da suscetibilidade na população de *T. urticae* resistente a cyhexatin, em condições de laboratório. A instabilidade da resistência foi relacionada ao custo adaptativo dos indivíduos resistentes, uma vez que o tempo para o desenvolvimento foi maior para os ácaros resistentes do que para os ácaros suscetíveis, embora a fecundidade tenha sido semelhante para as linhagens suscetível e resistente.

## **2.2 Material e métodos**

### **2.2.1 Populações de *Brevipalpus phoenicis***

Populações de *B. phoenicis* foram coletadas em diferentes pomares de citros em fazendas citrícolas do Estado de São Paulo (Quadro 1). O histórico de uso de acaricidas utilizados no controle de *B. phoenicis* e *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) nos últimos cinco anos anteriores à data de coleta encontra-se no Quadro 2. Em cada pomar foram coletados aproximadamente 40 frutos infestados com ácaro-da-leprose. Esses frutos foram acondicionados em caixas de papelão ou isopor. No laboratório, os ácaros foram retirados dos frutos utilizando um pincel com apenas um pêlo sob um microscópio estereoscópico. Os ácaros foram transferidos para frutos de citros, conforme será descrito no item a seguir. As populações em laboratório foram iniciadas com cerca de 200 a 300 ácaros.

Além dessas populações, foram utilizadas as linhagens de *B. phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R). A linhagem S foi coletada em um pomar de citros no município de Piracicaba-SP em 2000. Este pomar não recebia aplicações de pesticidas por um período de pelo menos cinco anos. A linhagem Propargite-R, com razão de resistência estimada em 10 vezes, foi obtida a partir de uma população coletada em Barretos-SP e selecionada em condições de laboratório (FRANCO, 2002).

Cidade	Data de coleta (mês/ano)	População
Altair	04/05	AL1
Barretos	03/06	BA1
Gavião Peixoto	04/05	GP1
Itapólis	07/04	IT1
Olímpia	10/04	OL1
Onda Verde	04/05	OV1
	04/05	OV2
	06/06	OV3
	06/06	OV4
	06/06	OV5
	06/06	OV6
	06/06	OV7
	06/06	OV8
	06/06	OV9
	06/06	OV10
	06/06	OV11
	06/06	OV12

Quadro 1 – Procedência, data de coleta e identificação das populações de *Brevipalpus phoenicis* coletadas em pomares de citros do Estado de São Paulo



População	Período <sup>a</sup>	Acaricida									
		azocyclotin	cyhexatin	óxido de fenbutatin	propargite	enxofre		dinocap	pyridaben	abamectin <sup>b</sup>	outros
						S <sup>b</sup>	calda sulfocálcica				
AL1	04/00-04/05	5	2	1	3	21	2	0	0	5	1
BA1	... <sup>c</sup>	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
GP1	04/00-04/05	3	2	0	2	22	0	0	0	8	2
IT1	04/01-07-04	0	4	0	0	18	0	2	0	0	4
OL1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
OV1	04/00-04/05	3	1	1	5	19	2	0	0	0	0
OV2	04/00-04/05	4	1	1	5	23	3	0	0	3	2
OV3	06/01-06/06	3	1	1	5	25	0	0	0	4	3
OV4	06/01-06/06	3	0	1	5	23	0	0	0	2	2
OV5	06/01-06/06	4	0	1	2	13	0	0	0	17	4
OV6	06/01-06/06	4	0	1	2	17	0	0	0	14	4
OV7	06/01-06/06	4	0	1	2	18	0	0	0	15	4
OV8	06/01-06/06	5	0	0	4	19	0	0	0	15	4
OV9	06/01-06/06	4	1	1	5	30	0	0	0	11	4
OV10	06/01-06/06	4	1	1	4	31	0	0	0	5	3
OV11	06/01-06/06	5	0	1	1	14	0	0	0	17	4
OV12	06/01-06/06	3	1	2	2	16	0	0	0	18	4

<sup>a</sup> Período disponível da informação do uso de acaricidas (mês/ano)

<sup>b</sup> Acaricidas utilizados no controle de *P. oleivora*

<sup>c</sup> Informação não disponível

Quadro 2 – Histórico do uso de acaricidas (número de pulverizações) para o controle dos ácaros *Brevipalpus phoenicis* e *Phyllocoptruta oleivora* em pomares de citros do Estado de São Paulo (FONTE: Fischer Agropecuária S.A. e Sipcam Agro S.A.)

### 2.2.2 Criação de *Brevipalpus phoenicis*

A criação de *B. phoenicis* foi mantida em frutos de laranja das variedades Valência ou Pera Rio. Os frutos foram lavados em água corrente e parafinados, deixando uma área de aproximadamente 10 a 16 cm<sup>2</sup> para permitir a colonização dos ácaros. Em seguida, esta área foi delimitada com cola entomológica para evitar a fuga dos ácaros e circundada com uma fita plástica de poliestireno de aproximadamente 1,5 cm de largura. Uma mistura de areia, gesso, farinha de trigo e água na proporção de 4:1:1:3 foi pincelada nos frutos para simular sintomas de verrugose que favorecem o desenvolvimento do ácaro. Os frutos foram acondicionados em caixas plásticas (41 × 34 × 14 cm) contendo uma prancha de isopor com 12 orifícios. Os frutos foram renovados em intervalos de 20 a 30 dias, deixando a área do fruto novo e do fruto infestado em contato, por uma semana, para a transferência dos ácaros para o fruto novo. A sala de criação foi mantida a 25 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 14 h.

### 2.2.3 Bioensaios toxicológicos

O método de bioensaio adotado para a caracterização toxicológica das populações de *B. phoenicis* a acaricidas inibidores da respiração celular foi o de contato residual. Foram utilizadas as formulações comerciais dos seguintes ingredientes ativos (I.A.) para realização dos bioensaios: azocyclotin (Caligur, 500 g de I.A./L, suspensão concentrada, Bayer CropScience Ltda), cyhexatin (Hokko Cyhexatin 500, 500 g de I.A./kg, pó molhável, Hokko do Brasil Indústria Química e Agropecuária Ltda), dinocap (Karathane EC, 369 g de I.A./L, concentrado emulsionável, Dow AgroSciences Industrial Ltda), pyridaben (Sanmite, 200 g de I.A./L, concentrado emulsionável, Basf S.A.), enxofre (Kumulus DF, 800 g de I.A./kg, granulado dispersível, Basf S.A.) e propargite (Omite 720 CE, 720 g de I.A./L, concentrado emulsionável, Crompton Ltda). As diferentes concentrações de acaricidas foram preparadas a partir da diluição do produto comercial em água destilada.

O bioensaio foi realizado em discos de folha de laranja da variedade Valência de 2,6 cm de diâmetro. A superfície adaxial dos discos foi pulverizada com um volume de 2 mL de cada concentração do acaricida testado, utilizando-se a torre de pulverização de Potter (Burkard

Manufacturing, Rickmansworth, Inglaterra), calibrada à pressão de 68,95 kPa. Nessas condições de pulverização, foi obtido um depósito médio de 1,5 mg de solução/cm<sup>2</sup>. Em seguida, os discos de folha foram acondicionados em placas acrílicas de 3,5 cm de diâmetro (Falcon 1008, Becton Dickinson Labware, Lincoln Park, NJ, Estados Unidos) contendo aproximadamente 2 mL de uma mistura não-geleificada de ágar-água na concentração de 2,5%. Uma barreira dessa mistura foi construída ao redor dos discos de folha para evitar a fuga dos ácaros (adaptado de KABIR et al. 1993). Foram transferidos 10 ácaros adultos de *B. phoenicis* para cada placa, com auxílio de um pincel com um pêlo e dois microscópios estereoscópio. As placas foram mantidas em câmara climatizada regulada a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h.

A avaliação da mortalidade foi realizada após 24 h de exposição para azocyclotin, cyhexatin, dinocap, pyridaben e propargite; e após 48 h de exposição para enxofre. O critério de mortalidade adotado foi: os ácaros que não responderam ao toque com um pincel de um pêlo com movimentos vigorosos e coordenados de seus apêndices foram colocados com a face ventral voltada para cima e os que não conseguiram voltar à posição normal foram considerados mortos. Os bioensaios que apresentaram mortalidade na testemunha superior a 15% foram descartados.

#### **2.2.4 Monitoramento da suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* a acaricidas inibidores da respiração celular**

A suscetibilidade das populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros do Estado de São Paulo (Quadro 1) foi avaliada para os acaricidas cyhexatin, azocyclotin, propargite e enxofre. As concentrações diagnósticas utilizadas foram 180 mg de cyhexatin/L de água (KONNO; FRANCO; OMOTO, 2001) e 720 mg de propargite/L de água (FRANCO, 2002).

Para os acaricidas enxofre e azocyclotin, as concentrações diagnósticas foram definidas, a partir da caracterização inicial da curva de concentração-mortalidade da linhagem S de *B. phoenicis* para esses dois acaricidas. Foram utilizadas cinco concentrações de cada acaricida, espaçadas em escala logarítmica, que proporcionaram mortalidade entre 5 e 99%. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. O método de bioensaio adotado foi o contato residual conforme descrito no item 2.2.3. Cada concentração foi repetida cinco vezes, sendo que cada repetição foi constituída por quatro placas de bioensaio por concentração e

duas placas na testemunha (pulverização com água destilada). Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit para estimar a concentração letal 50 (CL<sub>50</sub>) utilizando o programa POLO-PC (LEORA SOFTWARE, 1987). A partir da curva de concentração-mortalidade foi definida uma concentração diagnóstica baseada na CL<sub>95</sub>. O nível de significância do teste foi de  $\alpha = 0,05$ .

Para o monitoramento da suscetibilidade de populações aos acaricidas cyhexatin, propargite, enxofre e azocyclotin o delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. Para cada concentração diagnóstica testada, os bioensaios foram repetidos cinco vezes, sendo que cada repetição foi constituída por quatro placas de bioensaio por concentração e duas placas na testemunha (pulverização com água destilada). Os dados de porcentagem de sobrevivência ( $x$ ) nas concentrações diagnósticas de cada acaricida foram transformados por  $\text{arc sen}\left(\sqrt{x/100}\right)$ . Para avaliar a variabilidade quanto à suscetibilidade aos acaricidas testados os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas com a linhagem S pelo teste bilateral de Dunnett (proc glm). Para avaliar a possível relação de resistência cruzada entre os acaricidas testados os dados de sobrevivência nas concentrações diagnósticas foram submetidos à análise de correlação para verificar a relação entre a sobrevivência a cyhexatin e aos acaricidas azocyclotin, propargite e enxofre; entre propargite e os acaricidas azocyclotin e enxofre; e entre enxofre e azocyclotin (proc corr). As análises foram realizadas com o programa estatístico SAS System for Windows versão 8.2. Os níveis de significância dos testes foram de  $\alpha = 0,05$ .

### **2.2.5 Relação de resistência cruzada entre propargite e outros acaricidas inibidores da respiração celular em *Brevipalpus phoenicis***

A avaliação da resistência cruzada entre propargite e outros acaricidas que interferem no processo da respiração celular em *B. phoenicis* foi realizada mediante a caracterização das curvas de concentração-mortalidade das linhagens S e Propargite-R aos acaricidas azocyclotin, cyhexatin, dinocap, pyridaben e enxofre. Foram utilizadas quatro ou cinco concentrações de cada acaricida, espaçadas em escala logarítmica, que proporcionaram mortalidade entre 5 e 99%. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. O método de bioensaio adotado

foi o contato residual descrito no item 2.2.3. Cada concentração dos acaricidas testados foi repetida cinco vezes, sendo que cada repetição foi constituída por quatro placas de bioensaio por concentração e duas placas na testemunha (pulverização com água destilada). Os dados de mortalidade das linhagens S e Propargite-R de cada acaricida foram submetidos à análise de Probit para estimar as concentrações letais 50 (CL<sub>50</sub>) e 95 (CL<sub>95</sub>) e aos testes de paralelismo e de igualdade das curvas de concentração-mortalidade estimadas para as duas linhagens. A intensidade de resistência cruzada foi obtida pela divisão da CL<sub>50</sub> da linhagem Propargite-R pela CL<sub>50</sub> da linhagem S; o intervalo de confiança foi estimado conforme método descrito por Robertson e Preisler (1992). O programa estatístico utilizado foi o POLO-PC (LEORA SOFTWARE, 1987). O nível de significância dos testes foi  $\alpha = 0,05$ .

#### **2.2.6 Avaliação do custo adaptativo associado à resistência de *Brevipalpus phoenicis* a propargite**

Os parâmetros biológicos das linhagens S e Propargite-R foram comparados para avaliar o custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite. Para acompanhar a biologia dessas duas linhagens, foram utilizados frutos de laranja da variedade Valência preparados conforme o método de criação (item 2.2.2). Para confinar os ácaros nos frutos foram utilizados tubos de acrílico transparente de 2,5 cm de diâmetro por 2,0 cm de altura. Esse tubo possuía duas aberturas de 1,0 cm de diâmetro fechadas com tela de poliéster (100 fios) para permitir ventilação. Cada tubo foi fixado na área sem parafina de um fruto, utilizando cera natural de abelha. Posteriormente, foram transferidos cinco ácaros adultos para cada fruto e o tubo foi fechado na parte superior com um filme de PVC. Após 12 h, os ácaros foram retirados da arena, deixando-se apenas um ovo por fruto. A biologia foi iniciada com 41 e 32 ovos das linhagens S e Propargite-R respectivamente. Esses frutos permaneceram em câmara climatizada regulada a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h.

As observações foram realizadas em intervalos de 12 h para estimar os parâmetros de duração e mortalidade dos estágios de desenvolvimento (ovo, larva, protocrisálida, protoninfa, deutocrisálida, deutoninfa e teliocrisálida), período de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição e fecundidade (número de ovos/fêmea). O delineamento experimental foi inteiramente

casualizado. Os dados dos parâmetros biológicos avaliados para as linhagens S e Propargite-R foram comparados pelo teste  $t$  (proc ttest). O programa estatístico utilizado foi SAS System for Windows versão 8.2. O nível de significância do teste foi  $\alpha = 0,05$ .

A partir dos dados da biologia foi confeccionada a Tabela de Vida e Fertilidade para as linhagens S e Propargite-R, foram estimados os parâmetros  $R_o$  (taxa líquida de reprodução),  $r_m$  (capacidade inata de aumentar em número),  $\lambda$  (razão finita de aumento) e  $T$  (duração média de uma geração), utilizando o método proposto por Andrewartha e Birch (1954) apud Silveira Neto et al. (1976).

## **2.3 Resultados e discussão**

### **2.3.1 Monitoramento da suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* a acaricidas inibidores da respiração celular**

As concentrações diagnósticas definidas para o monitoramento da suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* aos acaricidas azocyclotin e enxofre foram 180 e 1.800 mg de I.A./L respectivamente. Essas concentrações de azocyclotin e enxofre proporcionaram mortalidade ( $\pm$  erro padrão da média) da linhagem S de 95,97 ( $\pm 1,007$ ) e 97,92% ( $\pm 0,981$ ) respectivamente (Figura 1). A concentração letal 50 ( $CL_{50}$ ) [intervalo de confiança (IC) 95%] da linhagem S estimada para azocyclotin foi 62,33 mg de I.A./L de água (58,54-66,37), coeficiente angular ( $\pm$  desvio padrão) 3,77 ( $\pm 0,195$ ),  $\chi^2$  (graus de liberdade) 1,69 (3). Para enxofre a  $CL_{50}$  (IC 95%) da linhagem S estimada foi 501,73 mg de I.A./L de água (471,93-533,09), coeficiente angular ( $\pm$  desvio padrão) 4,09 ( $\pm 0,216$ ),  $\chi^2$  (graus de liberdade) 2,12 (3). Foram testados 1.082 e 1.152 ácaros para a caracterização da linha-básica de suscetibilidade a azocyclotin e enxofre respectivamente.

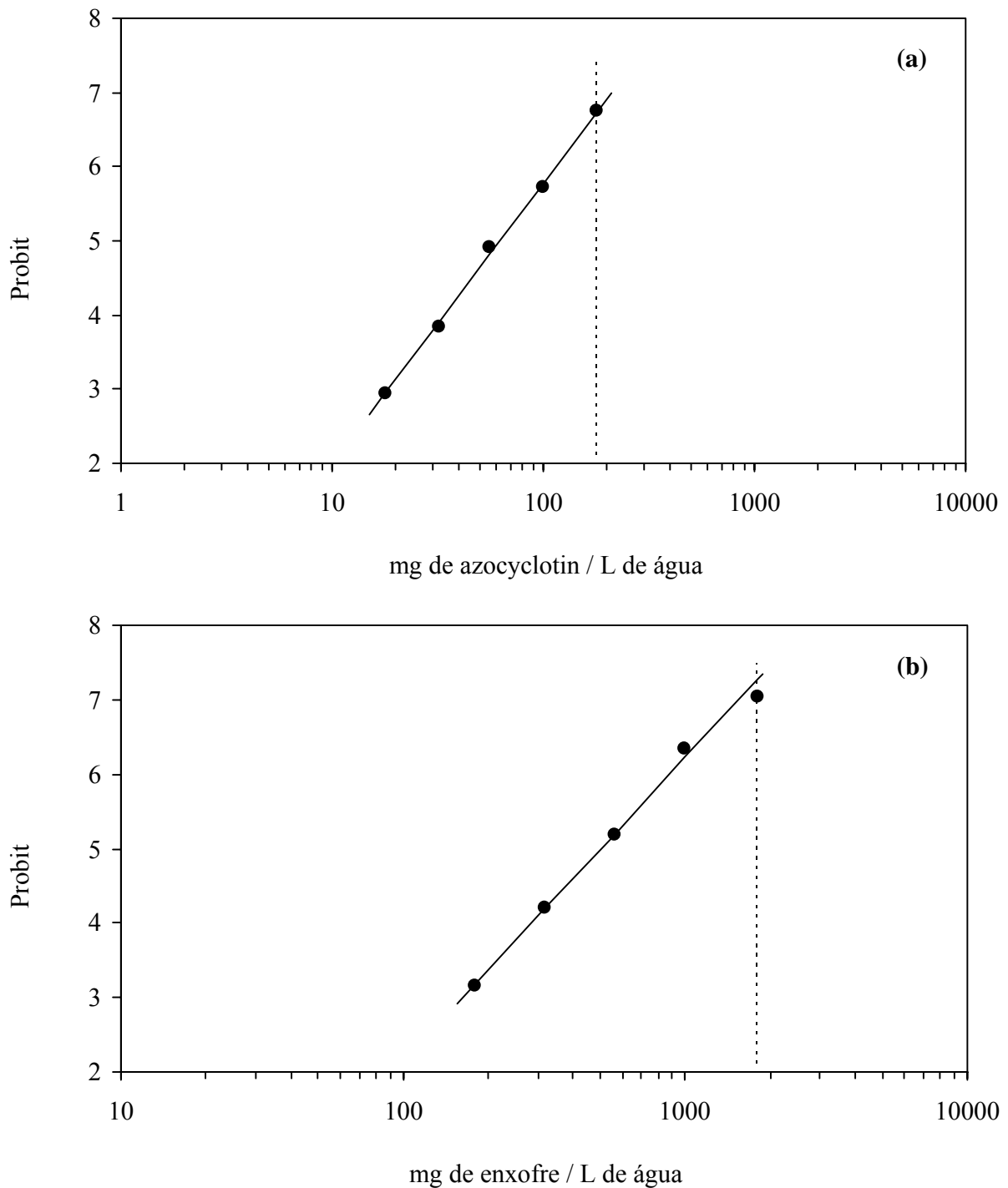


Figura 1 – Linha-Básica de suscetibilidade de *Brevipalpus phoenicis* aos acaricidas (a) azocyclotin e (b) enxofre. A linha tracejada indica a concentração diagnóstica para azocyclotin (180 mg I.A./L de água) e para enxofre (1.800 mg I.A./L de água)

Diferenças significativas na suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares comerciais de citros foram verificadas aos acaricidas cyhexatin, azocyclotin, propargite e enxofre (Tabela 1). Para cyhexatin, a sobrevivência estimada para as populações de *B. phoenicis* testadas na concentração diagnóstica variou entre 16,3 e 80,5% ( $F = 12,41$ ; g.l. = 17, 72;  $P < 0,0001$ ). Para azocyclotin, a sobrevivência variou entre 3,0 e 15,0% ( $F = 2,16$ ; g.l. = 11, 48;  $P = 0,0334$ ), para propargite entre 1,0 e 71,6% ( $F = 17,08$ ; g.l. = 17, 72;  $P < 0,0001$ ) e para enxofre entre 9,0 e 82,6% ( $F = 22,30$ ; g.l. = 11, 48;  $P < 0,0001$ ). Para azocyclotin, embora foi observada diferença significativa entre as populações na concentração diagnóstica, a sobrevivência obtida nas populações testadas não diferiram da linhagem S pelo teste bilateral de Dunnett (Tabela 1).

Os acaricidas do grupo químico dos organoestânicos têm sido bastante utilizados na citricultura do Estado de São Paulo (COOPERCITRUS, 2001; NAKANO, 1995). O monitoramento da suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* a cyhexatin, realizado em 1999, mostrou diferenças pouco expressivas na suscetibilidade, sendo que a sobrevivência na concentração diagnóstica foi inferior a 11% (KONNO; FRANCO; OMOTO, 2001). Nos últimos anos, houve um aumento expressivo nos relatos de falhas no controle de *B. phoenicis* pelo uso dos acaricidas organoestânicos, sendo questionada a evolução da resistência como um dos fatores associados a essas falhas. Pelos resultados observados no presente trabalho, foi detectada presença de alta variabilidade quanto à suscetibilidade a cyhexatin, com sobrevivência na concentração diagnóstica próxima a 80% em algumas populações. Portanto, a resistência foi identificada como um dos fatores para explicar essas falhas no controle, principalmente, quando associada, por exemplo, à má regulagem de equipamentos de pulverização, condições climáticas desfavoráveis e amostragem inadequada da densidade populacional do ácaro.



Tabela 1 – Porcentagem de sobrevivência  $\pm$  erro padrão da média de populações de *Brevipalpus phoenicis* coletadas em pomares de citros a cyhexatin (180 mg I.A./L), azocyclotin (180 mg I.A./L), propargite (720 mg I.A./L) e enxofre (1.800 mg I.A./L)

População	Sobrevivência (%) $\pm$ EPM							
	$n^a$	Cyhexatin	$n$	Azocyclotin	$n$	Propargite	$n$	Enxofre
S	196	4,64 $\pm$ 1,520	200	6,50 $\pm$ 3,104	197	4,53 $\pm$ 2,779	199	4,68 $\pm$ 2,905
BA1	192	80,48 $\pm$ 4,547 *	195	11,31 $\pm$ 2,049	198	9,58 $\pm$ 3,235	200	11,00 $\pm$ 4,514
OV6	200	77,31 $\pm$ 8,250 *	199	8,55 $\pm$ 3,227	198	71,58 $\pm$ 6,861 *	189	82,63 $\pm$ 5,169 *
OV10	194	73,50 $\pm$ 5,563 *	201	13,47 $\pm$ 4,385	199	14,06 $\pm$ 3,752	199	39,65 $\pm$ 4,491 *
OV3	195	70,36 $\pm$ 8,510 *	190	13,67 $\pm$ 4,197	201	8,50 $\pm$ 2,574	198	15,13 $\pm$ 5,289
OV8	190	69,32 $\pm$ 5,324 *	197	10,80 $\pm$ 4,068	200	62,18 $\pm$ 6,813 *	198	79,87 $\pm$ 2,529 *
OV7	197	62,91 $\pm$ 5,428 *	198	8,63 $\pm$ 3,264	198	38,92 $\pm$ 4,962 *	199	39,69 $\pm$ 9,459 *
OV9	198	53,47 $\pm$ 8,292 *	200	15,00 $\pm$ 3,354	200	22,50 $\pm$ 4,257 *	199	54,73 $\pm$ 3,234 *
OV4	210	52,19 $\pm$ 8,757 *	200	3,50 $\pm$ 2,318	202	6,85 $\pm$ 3,632	200	12,00 $\pm$ 2,151
OV11	199	45,02 $\pm$ 6,002 *	199	10,01 $\pm$ 4,102	201	29,79 $\pm$ 5,480 *	196	48,79 $\pm$ 7,235 *
OV2	206	41,03 $\pm$ 8,974 *	... <sup>b</sup>	...	203	7,81 $\pm$ 3,219	...	...
IT1	196	39,24 $\pm$ 9,275 *	...	...	198	1,01 $\pm$ 0,620	...	...
OV12	198	39,21 $\pm$ 8,942 *	193	6,66 $\pm$ 1,278	205	16,58 $\pm$ 3,813	198	9,03 $\pm$ 5,888
OL1	198	30,67 $\pm$ 2,579 *	...	...	199	47,82 $\pm$ 4,809 *	...	...
OV5	207	26,35 $\pm$ 4,044 *	200	3,00 $\pm$ 2,000	207	10,63 $\pm$ 3,740	198	27,86 $\pm$ 4,275 *
AL1	193	23,31 $\pm$ 5,077	...	...	199	32,21 $\pm$ 2,827 *	...	...
OV1	198	21,27 $\pm$ 4,750	...	...	200	8,50 $\pm$ 3,500	...	...
GP1	195	16,26 $\pm$ 5,237	199	6,03 $\pm$ 1,692	...	...	...	...

<sup>a</sup> Número de ácaros testados

<sup>b</sup> Dado não disponível

Os dados originais foram transformados em  $\arcsen(\sqrt{x/100})$ . Médias seguidas por asterisco (\*), na mesma coluna, diferem da linhagem S pelo teste bilateral de Dunnett ( $\alpha = 0,05$ )

Nas populações avaliadas não há uma relação direta entre a sobrevivência a cyhexatin na concentração diagnóstica testada e a intensidade de uso do acaricida cyhexatin (Tabela 1; Quadro 2). Nas populações OV4, OV6, OV7, OV8 e OV11 coletadas em Onda Verde não foram realizadas pulverizações de cyhexatin num intervalo de 60 meses, mas a sobrevivência a cyhexatin foi entre 45,0 e 77,3%, enquanto que na população IT1 coletada em Itapópolis a sobrevivência foi de 39,2% e foram realizadas quatro pulverizações de cyhexatin num intervalo de 40 meses. Uma hipótese que pode explicar esses resultados é a possibilidade de resistência cruzada de cyhexatin com outros acaricidas que favoreceram a seleção de ácaros resistentes a cyhexatin.

Os acaricidas azocyclotin, propargite e enxofre foram os principais ingredientes ativos utilizados no controle de ácaros nesses pomares de citros (Quadro 2). A análise de correlação entre a sobrevivência das populações testadas na concentração diagnóstica de cyhexatin e a sobrevivência na concentração diagnóstica de azocyclotin foi significativa ( $r = 0,62$ ;  $P = 0,0403$ ) (Figura 2; Figura 3). Portanto, a sobrevivência observada nas populações de *B. phoenicis* a cyhexatin pode ser explicada pelo uso de azocyclotin. A seleção de ácaros resistentes a cyhexatin pelo uso de azocyclotin pode ter ocorrido porque ambos acaricidas são do grupo dos organoestânicos e, portanto, atuam no mesmo sítio de ação, ou seja, inibem uma das etapas da fosforilação oxidativa (CORBETT; WRIGHT; BAILLIE, 1984; IRAC, 2007; WARE, 1991). Uma segunda explicação é devido ao processo de degradação do azocyclotin no ambiente que é degradado em cyhexatin (KORDEL; STEIN, 1997). A resistência cruzada entre os acaricidas cyhexatin, óxido de fenbutatin e azocyclotin já havia sido documentada em *T. urticae* na Austrália (EDGE; JAMES, 1986) e entre cyhexatin e óxido de fenbutatin em *T. urticae* e *T. pacificus* nos Estados Unidos (HOY; CONLEY; ROBINSON, 1988; TIAN; GRAFTON-CARDWELL; GRANETT, 1992).

Por outro lado, a análise de correlação entre a sobrevivência de *B. phoenicis* aos acaricidas cyhexatin e propargite não foi significativa ( $r = 0,32$ ;  $P = 0,2099$ ) (Figura 2; Figura 4), assim como entre os acaricidas cyhexatin e enxofre ( $r = 0,27$ ;  $P = 0,4309$ ) (Figura 2; Figura 5). Entretanto, as populações de *B. phoenicis* OL1, OV6, OV7, OV8, OV9 e OV11 apresentaram alta sobrevivência nas concentrações diagnósticas de cyhexatin e de propargite (Tabela 1). Para as populações OV5, OV6, OV7, OV8, OV9, OV10 e OV11 também foram verificadas alta sobrevivência nas concentrações diagnósticas de cyhexatin e de enxofre (Tabela 1). Sendo assim, é

possível que ocorra resistência cruzada entre cyhexatin e propargite e entre cyhexatin e enxofre em *B. phoenicis*. No entanto, esses resultados podem ser devido à resistência múltipla. A resistência cruzada entre cyhexatin e propargite já foi verificado em *T. cinnabarinus* (MANSOUR; PLAUT, 1979).

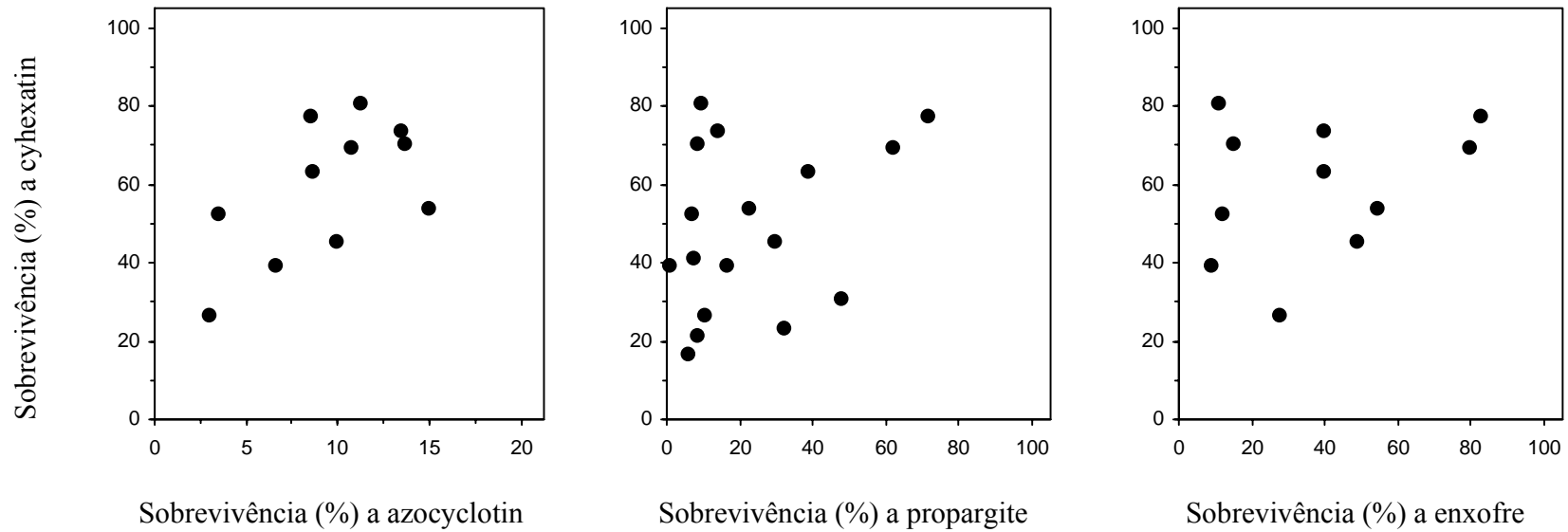


Figura 2 – Gráfico de dispersão “scatterplot” da porcentagem de sobrevivência das populações de *Brevipalpus phoenicis* ao acaricida cyhexatin versus a sobrevivência aos acaricidas azocyclotin, propargite e enxofre

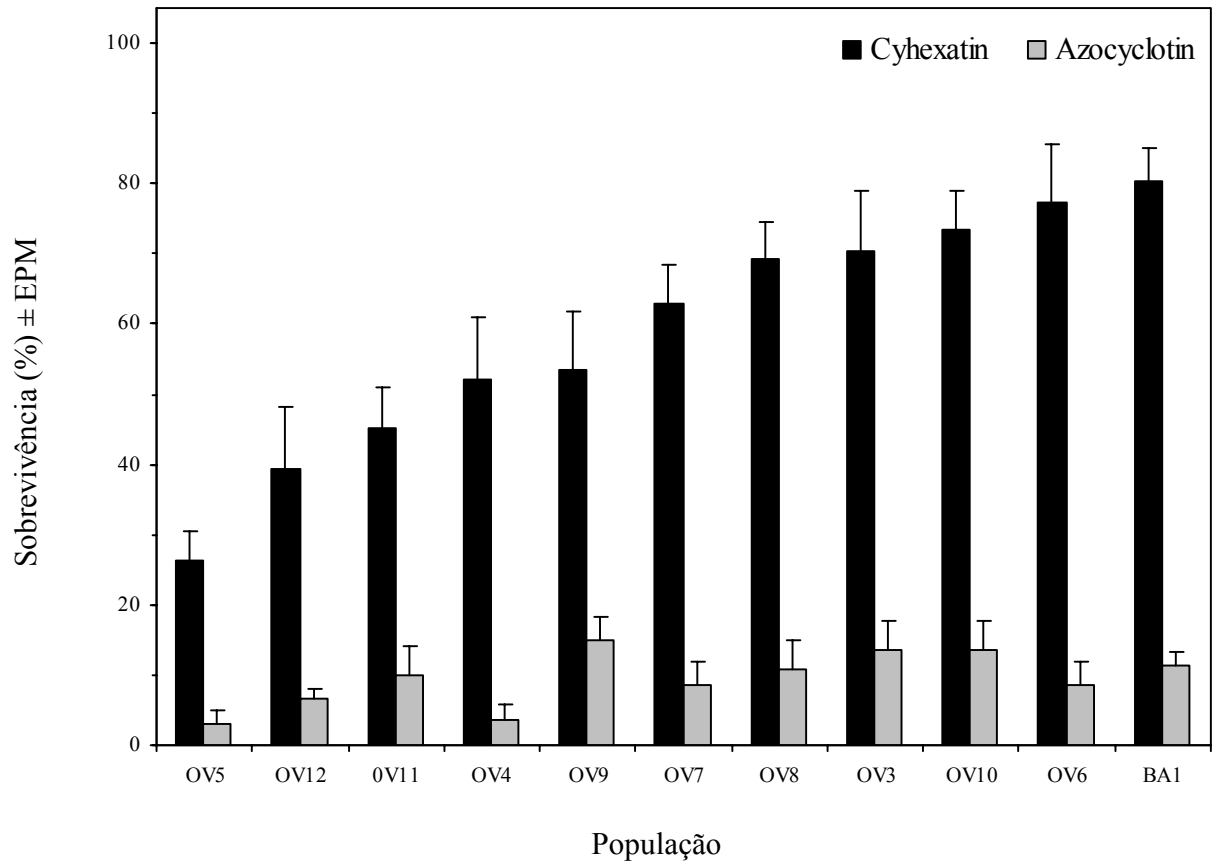


Figura 3 – Porcentagem de sobrevivência ( $\pm$  erro padrão da média) de populações de *Brevipalpus phoenicis* nas concentrações diagnósticas de 180 mg de cyhexatin/L de água e 180 mg de azocyclotin/L de água

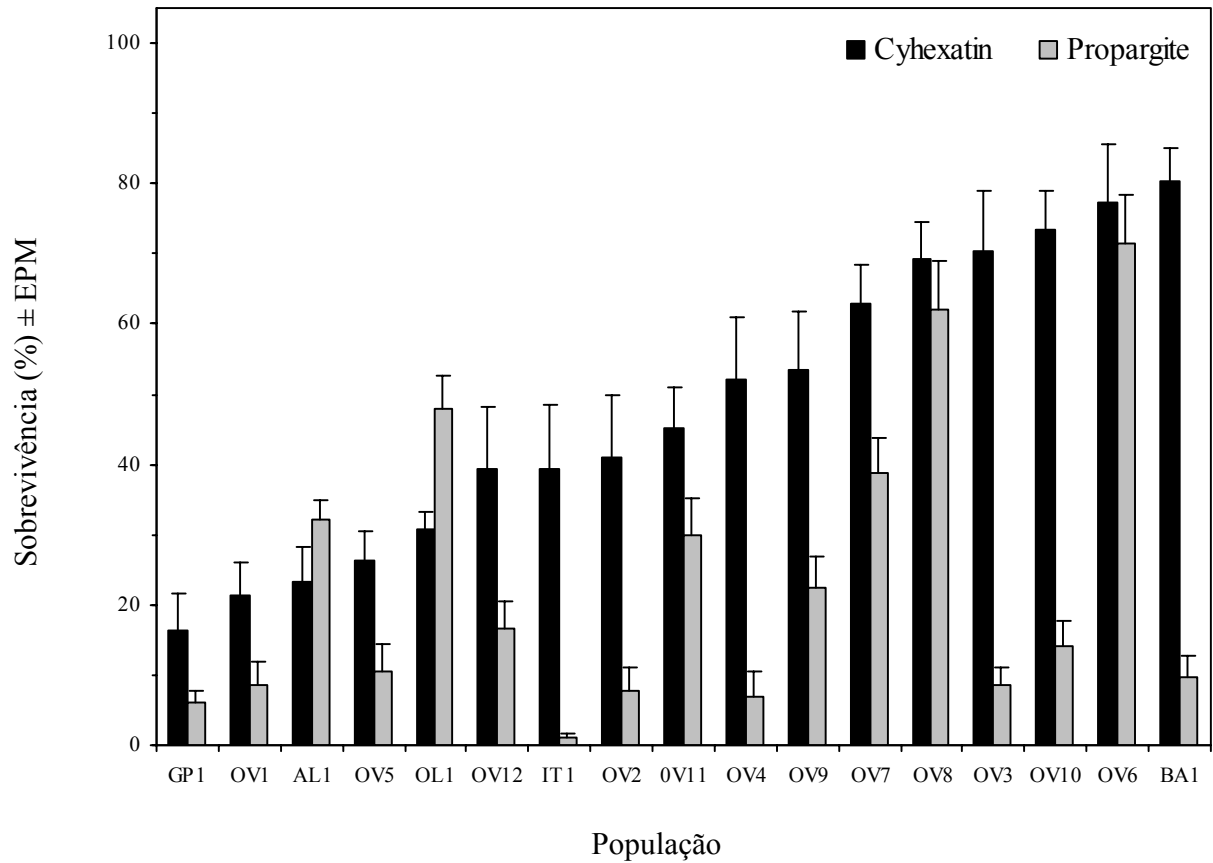


Figura 4 – Porcentagem de sobrevivência ( $\pm$  erro padrão da média) de populações de *Brevipalpus phoenicis* nas concentrações diagnósticas de 180 mg de cyhexatin/L de água e 720 mg de propargite/L de água

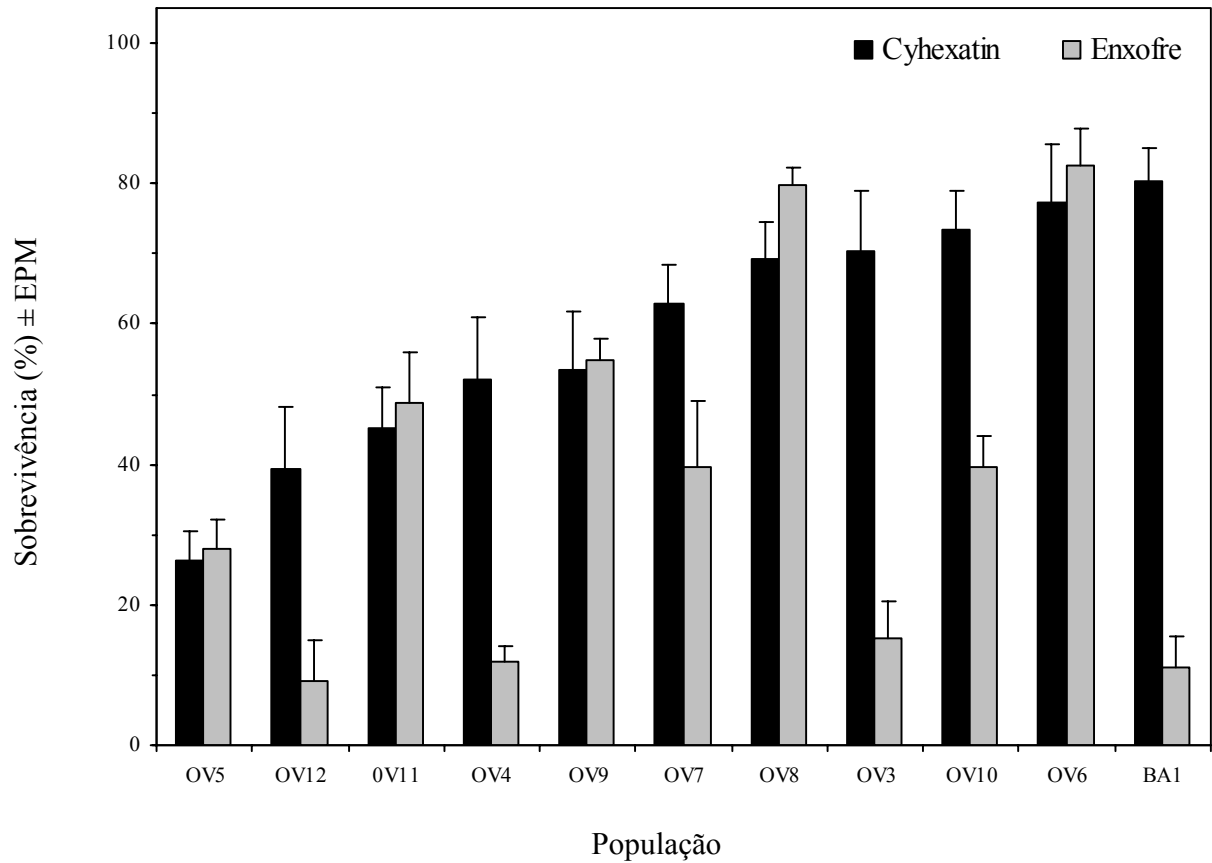


Figura 5 – Porcentagem de sobrevivência ( $\pm$  erro padrão da média) de populações de *Brevipalpus phoenicis* nas concentrações diagnósticas de 180 mg de cyhexatin/L de água e 1.800 mg de enxofre/L de água

A variabilidade na sobrevivência de populações de *B. phoenicis* a propargite também pode ser influenciada por outros acaricidas. A análise de correlação entre a sobrevivência nas concentrações diagnósticas de propargite e de azocyclotin foi rejeitada ( $r = 0,16$ ;  $P = 0,6358$ ) (Figura 6; Figura 7), enquanto que entre propargite e enxofre a correlação foi significativa ( $r = 0,89$ ;  $P = 0,0002$ ) (Figura 6; Figura 8), indicando a possibilidade da relação de resistência cruzada entre propargite e enxofre. Por fim, a correlação entre a sobrevivência nas concentrações diagnósticas de azocyclotin e de enxofre foi rejeitada ( $r = 0,29$ ;  $P = 0,3949$ ) (Figura 9; Figura 10). Entre os acaricidas empregados no controle de ácaros nos pomares de citros avaliados, o enxofre foi o principal ingrediente ativo, representando entre 31,7 e 67,7% dos acaricidas utilizados, sendo principalmente para o controle de *P. oleivora* (Quadro 2).

Pelos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros apresentaram diferenças significativas quanto à suscetibilidade aos acaricidas cyhexatin, azocyclotin, propargite e enxofre. Entre os acaricidas do grupo dos inibidores da fosforilação oxidativa via interrupção da síntese de ATP ocorre uma subdivisão entre os organoestânicos (cyhexatin e azocyclotin) e propargite que possibilita a recomendação de rotação entre esses acaricidas. No entanto, a observação de diferenças na suscetibilidade e a possibilidade de resistência cruzada fazem com que sejam necessários estudos mais elaborados para averiguar o risco de resistência cruzada dentro desse grupo de acaricidas. Assim como, para acaricidas que afetam outros processos da respiração celular, tais como os desacopladores da fosforilação oxidativa via interrupção do gradiente de próton  $H^+$  e os inibidores do transporte de elétrons no complexo I, além do enxofre que possivelmente tem efeito sobre a respiração celular.



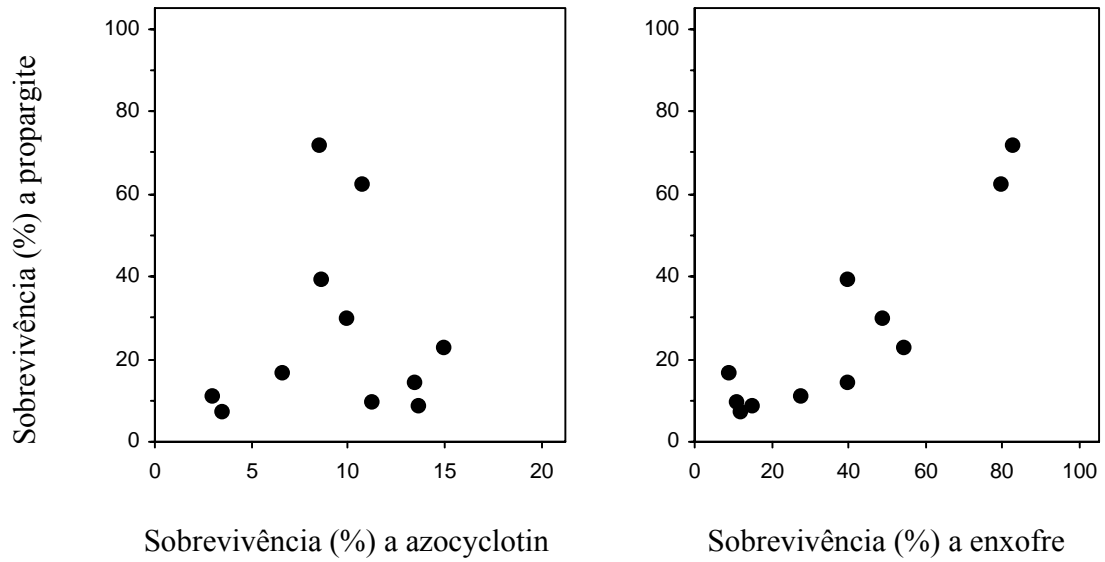


Figura 6 – Gráfico de dispersão “scatterplot” da porcentagem de sobrevivência das populações de *Brevipalpus phoenicis* ao acaricida propargite versus a sobrevivência aos acaricidas azocyclotin e enxofre

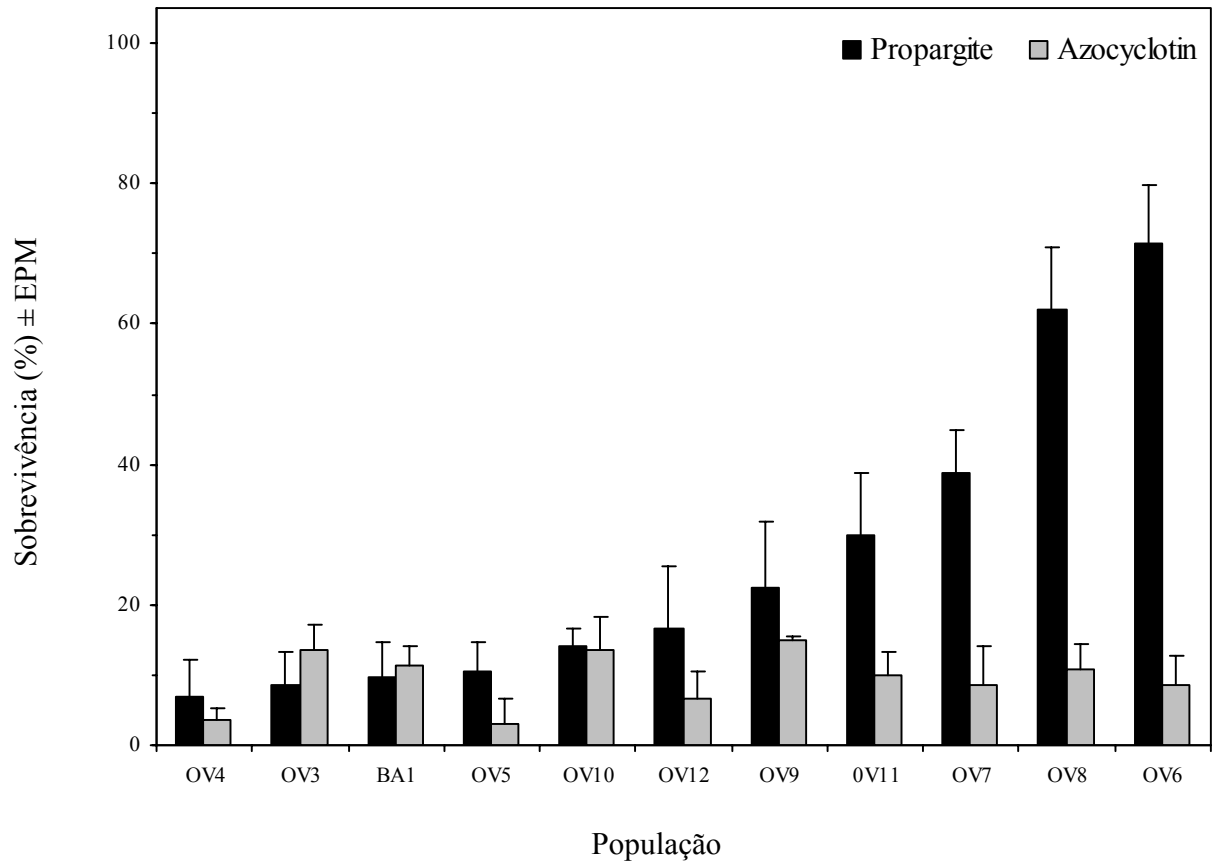


Figura 7 – Porcentagem de sobrevivência ( $\pm$  erro padrão da média) de populações de *Brevipalpus phoenicis* nas concentrações diagnósticas de 720 mg de propargite/L de água e 180 mg de azocyclotin/L de água

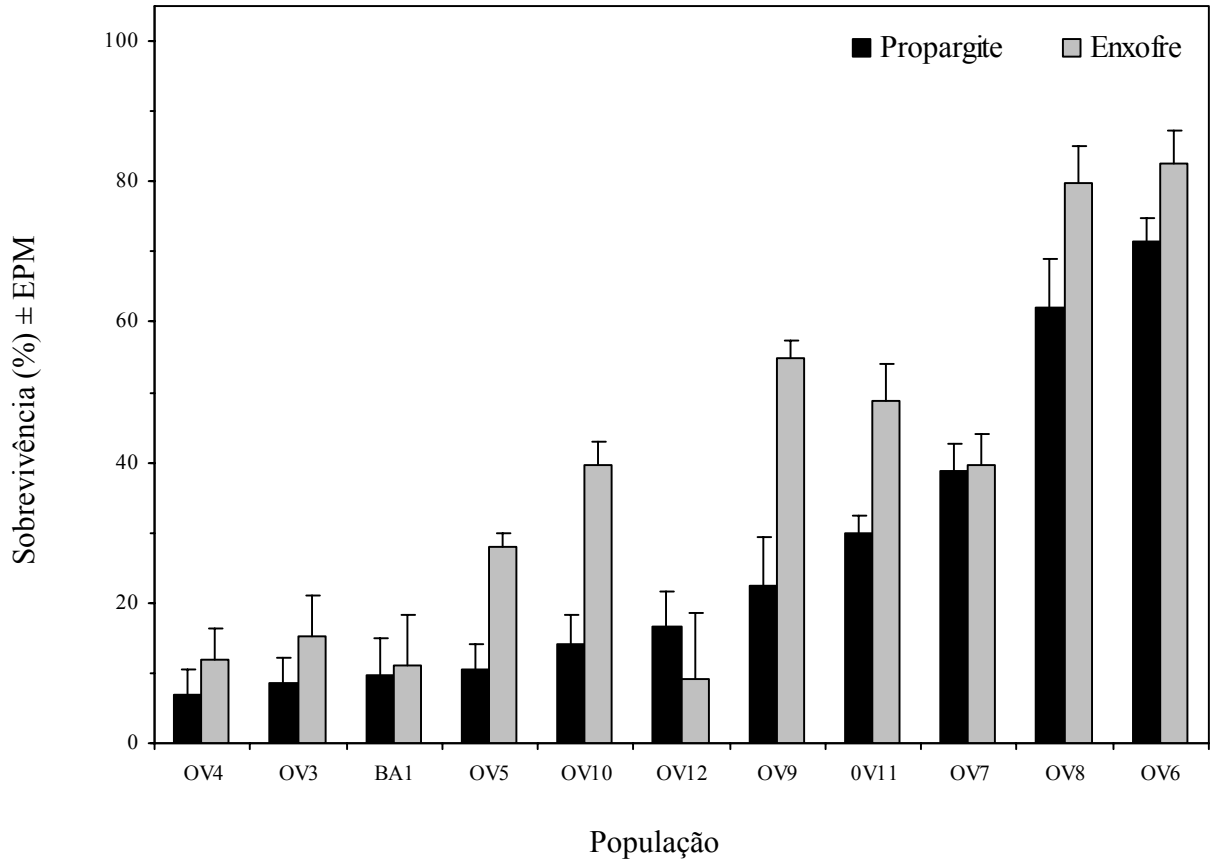


Figura 8 – Porcentagem de sobrevivência ( $\pm$  erro padrão da média) de populações de *Brevipalpus phoenicis* nas concentrações diagnósticas de 720 mg de propargite/L de água e 1.800 mg de enxofre/L de água

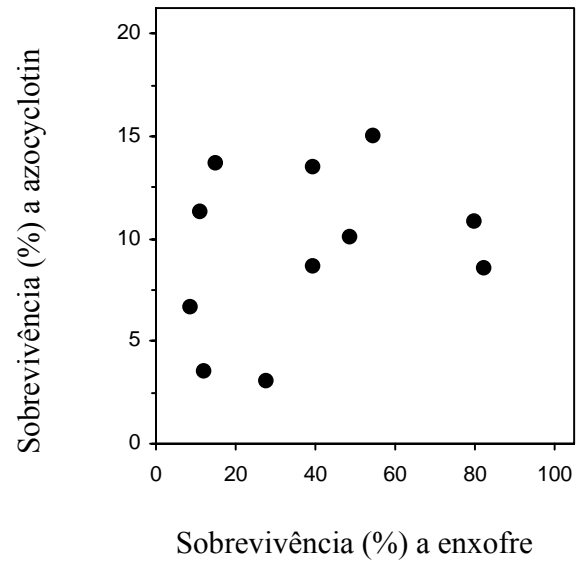


Figura 9 – Gráfico de dispersão “scatterplot“ da porcentagem de sobrevivência das populações de *Brevipalpus phoenicis* ao acaricida azocyclotin versus enxofre

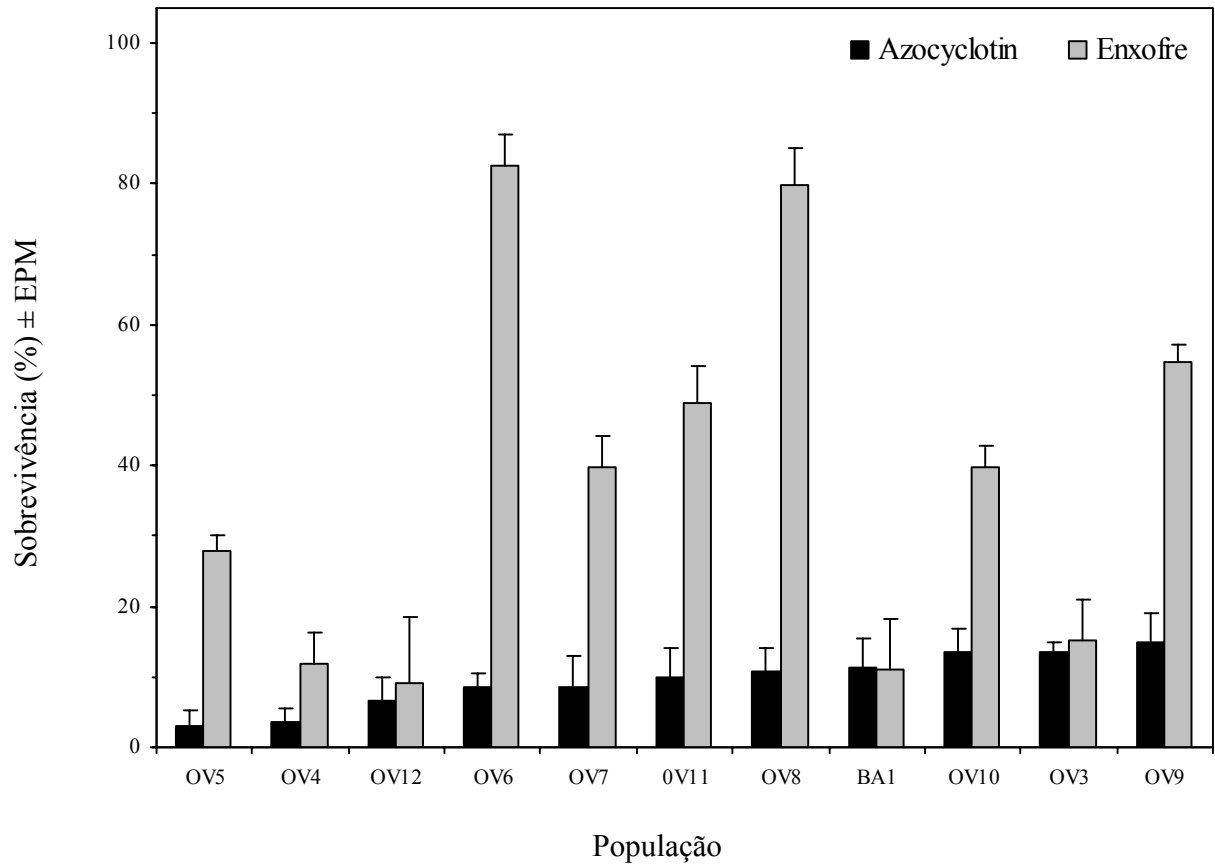


Figura 10 – Porcentagem de sobrevivência ( $\pm$  erro padrão da média) de populações de *Brevipalpus phoenicis* nas concentrações diagnósticas de 180 mg de azocyclotin/L de água e 1.800 mg de enxofre/L de água

### 2.3.2 Relação de resistência cruzada entre propargite e outros acaricidas inibidores da respiração celular em *Brevipalpus phoenicis*

Uma baixa intensidade de resistência cruzada foi verificada entre propargite e os acaricidas azocyclotin (1,8 vezes), cyhexatin (4,6 vezes), dinocap (3,5 vezes) e pyridaben (3,5 vezes). Por outro lado, a intensidade de resistência cruzada a enxofre (> 111 vezes) foi bastante alta (Tabela 2). Para azocyclotin, a hipótese de igualdade entre as curvas de concentração-mortalidade das linhagens S e Propargite-R foi rejeitada ( $\chi^2 = 166,36$ ; g.l. = 2;  $P < 0,05$ ), ou seja, as curvas foram diferentes, mas foi aceita a hipótese de igualdade dos coeficientes angulares ( $\chi^2 = 0,50$ ; g.l. = 1;  $P > 0,05$ ), ou seja, as curvas foram paralelas (Figura 11). Para cyhexatin, a hipótese de igualdade entre as curvas de concentração-mortalidade das linhagens S e Propargite-R foi rejeitada ( $\chi^2 = 552,11$ ; g.l. = 2;  $P < 0,05$ ), mas foi aceita a hipótese de paralelismo ( $\chi^2 = 1,46$ ; g.l. = 1;  $P > 0,05$ ) (Figura 12). Para dinocap, foram rejeitadas as hipóteses de igualdade ( $\chi^2 = 564,51$ ; g.l. = 2;  $P < 0,05$ ) e de paralelismo ( $\chi^2 = 6,58$ ; g.l. = 1;  $P < 0,05$ ) entre as curvas de concentração-mortalidade das linhagens S e Propargite-R (Figura 13). Para pyridaben, a hipótese de igualdade entre as curvas de concentração-mortalidade das linhagens S e Propargite-R foi rejeitada ( $\chi^2 = 492,84$ ; g.l. = 2;  $P < 0,05$ ) e a hipótese de paralelismo aceita ( $\chi^2 = 0,082$ ; g.l. = 1;  $P > 0,05$ ) (Figura 14). Para enxofre, não foi possível estimar a  $CL_{50}$  da linhagem Propargite-R, sendo que a concentração de 56.000 mg I.A./L de água proporcionou mortalidade ( $\pm$  erro padrão da média) de 38,59% ( $\pm 3,733$ ) (Figura 15).

Os acaricidas inibidores da respiração celular atuam em diversas etapas da respiração celular que é responsável pela produção de energia (ATP). A presença de resistência cruzada entre alguns desses acaricidas observado em *B. phoenicis* pode ser devida à similaridade do modo de ação. Embora os acaricidas propargite e os organoestênicos azocyclotin e cyhexatin, pertencentes ao grupo dos inibidores da fosforilação oxidativa via disrupção da síntese de ATP, sejam classificados em subgrupos distintos (IRAC, 2007) foi verificada resistência cruzada entre propargite e os acaricidas azocyclotin e cyhexatin. O acaricida propargite interfere na síntese de ATP pela inibição da ATPase e os organoestênicos na inibição da fosforilação oxidativa (CORBETT; WRIGHT; BAILLIE, 1984; WARE, 1991). Segundo Kadir e Knowles (1991) o propargite proporcionou inibição de 90% da atividade da ATPase-Mg<sup>2+</sup> e 32% da ATPase-Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>, enquanto que cyhexatin foi responsável por 88 e 95% da inibição, respectivamente,

sugerindo que a ATPase é um sítio de ação comum entre esses acaricidas. O acaricida dinocap embora seja classificado como desacoplador da fosforilação oxidativa, no processo de hidrólise um dos compostos metabolizados tem alta atividade como inibidor da fosforilação oxidativa (CORBETT; WRIGHT; BAILLIE, 1984; WARE, 1991) que poderia explicar a resistência cruzada entre propargite e dinocap. Casos de resistência cruzada envolvendo acaricidas inibidores da fosforilação oxidativa foram observados entre propargite e tetradifon em *T. urticae* (UNWIN, 1973), entre propargite e cyhexatin em *T. cinnabarinus* (MANSOUR; PLAUT, 1979) e entre cyhexatin e os acaricidas azocyclotin e óxido de fenbutatin em *T. urticae* e *T. pacificus* (EDGE; JAMES, 1986; HOY; CONLEY; ROBINSON, 1988; TIAN; GRAFTON-CARDWELL; GRANETT, 1992).

Tabela 2 – Respostas das curvas de concentração-mortalidade das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) a acaricidas inibidores da respiração celular (continua)

Acaricida	Linhagem	$n^a$	Coef. Ang. ( $\pm EP$ ) <sup>b</sup>	CL <sub>50</sub> (IC 95%) <sup>c</sup>	CL <sub>95</sub> (IC 95%) <sup>d</sup>	$\chi^2$ (g.l.) <sup>e</sup>	Intensidade de resistência (IC 95%) <sup>f</sup>
Azocyclotin	S	1.082	3,77 ( $\pm 0,195$ )	62,33 (58,54-66,37)	170,02 (152,18-194,01)	1,69 (3)	-
	Propargite-R	1.076	3,97 ( $\pm 0,205$ )	114,03 (107,24-121,29)	295,68 (265,79-335,59)	0,98 (3)	1,83 (1,67-2,00)
Cyhexatin	S	1.059	2,96 ( $\pm 0,167$ )	38,96 (31,19-47,53)	140,29 (102,45-237,91)	7,88 (3)	-
	Propargite-R	1.101	3,24 ( $\pm 0,166$ )	180,52 (146,57-222,04)	580,91 (423,35-988,96)	9,59 (3)	4,63 (4,17-5,14)
Dinocap	S	1.079	6,15 ( $\pm 0,386$ )	10,49 (10,05-10,92)	19,41 (18,07-21,20)	1,42 (3)	-
	Propargite-R	878	5,01 ( $\pm 0,288$ )	36,85 (30,84-43,69)	78,53 (62,05-120,98)	3,87 (2)	3,51 (3,28-3,76)
Pyridaben	S	1.059	3,64 ( $\pm 0,191$ )	5,04 (4,40-5,77)	14,26 (11,47-19,57)	4,92 (3)	-
	Propargite-R	1.097	3,72 ( $\pm 0,189$ )	17,64 (16,56-18,78)	48,83 (43,78-55,58)	1,52 (3)	3,50 (3,19-3,83)



Tabela 2 – Respostas das curvas de concentração-mortalidade das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente ao propargite (Propargite-R) a acaricidas inibidores da respiração celular (conclusão)

Acaricida	Linhagem	$n^a$	Coef. Ang. ( $\pm$ EP) <sup>b</sup>	CL <sub>50</sub> (IC 95%) <sup>c</sup>	CL <sub>95</sub> (IC 95%) <sup>d</sup>	$\chi^2$ (g.l.) <sup>e</sup>	Intensidade de resistência (IC 95%) <sup>f</sup>
Enxofre	S	1.152	4,09 ( $\pm$ 0,216)	501,73 (471,93-533,09)	1.265,70 (1.142,91-1.429,07)	2,12 (3)	-
	Propargite-R	900	-	> 56.000			> 111,61

<sup>a</sup> Número de ácaros testados

<sup>b</sup> Coeficiente angular ( $\pm$  erro padrão)

<sup>c</sup> Concentração letal 50 (intervalo de confiança)

<sup>d</sup> Concentração letal 95 (intervalo de confiança)

<sup>e</sup> Qui-quadrado (graus de liberdade)

<sup>f</sup> Intensidade de resistência cruzada (CL<sub>50</sub> Propargite-R/ CL<sub>50</sub> S)

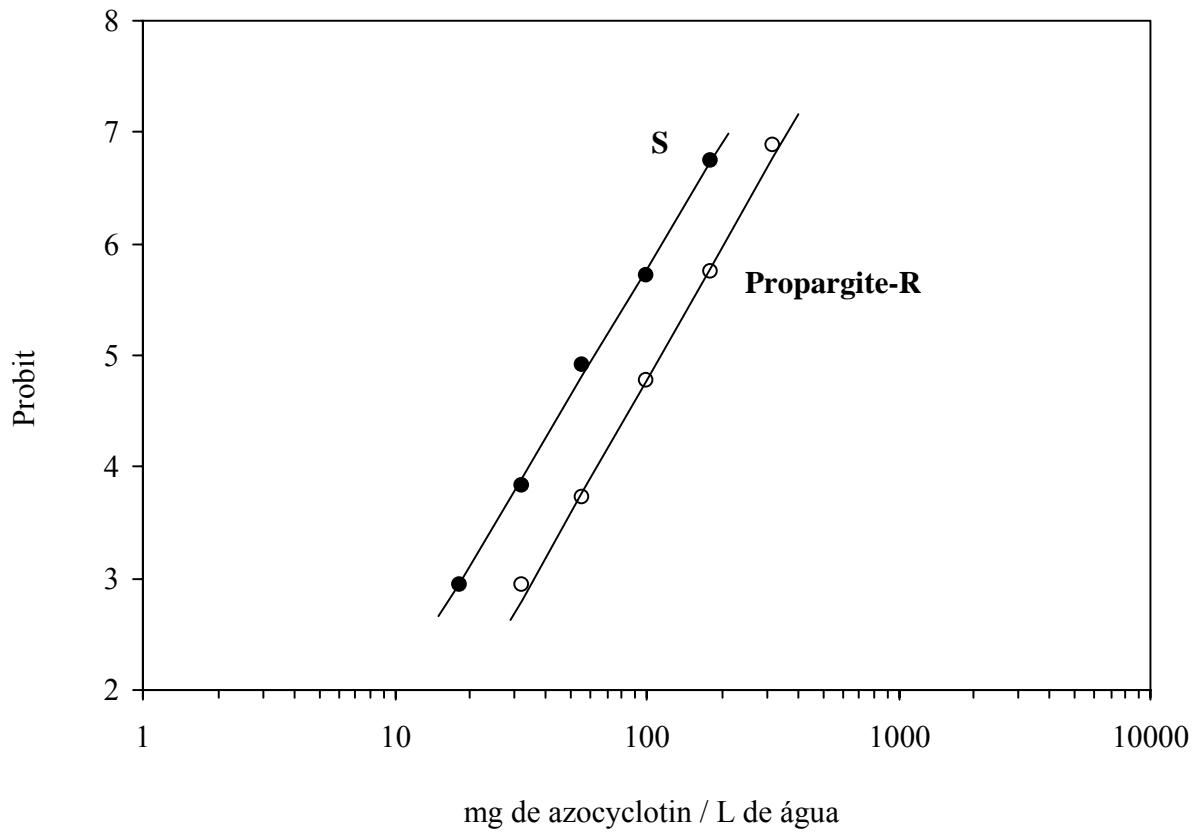


Figura 11 – Curva de concentração-mortalidade das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) ao acaricida azocyclotin. Intensidade de resistência cruzada de 1,83 vezes

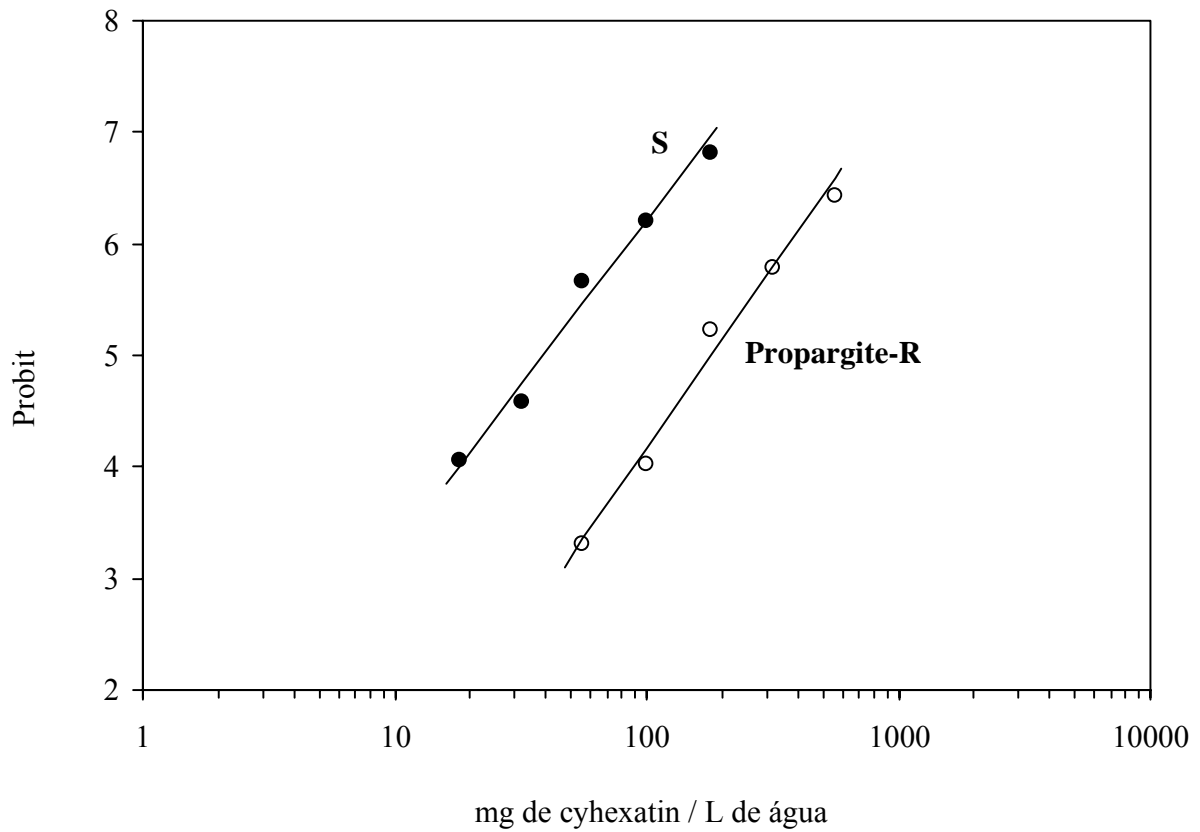


Figura 12 – Curva de concentração-mortalidade das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) ao acaricida cyhexatin. Intensidade de resistência cruzada de 4,63 vezes

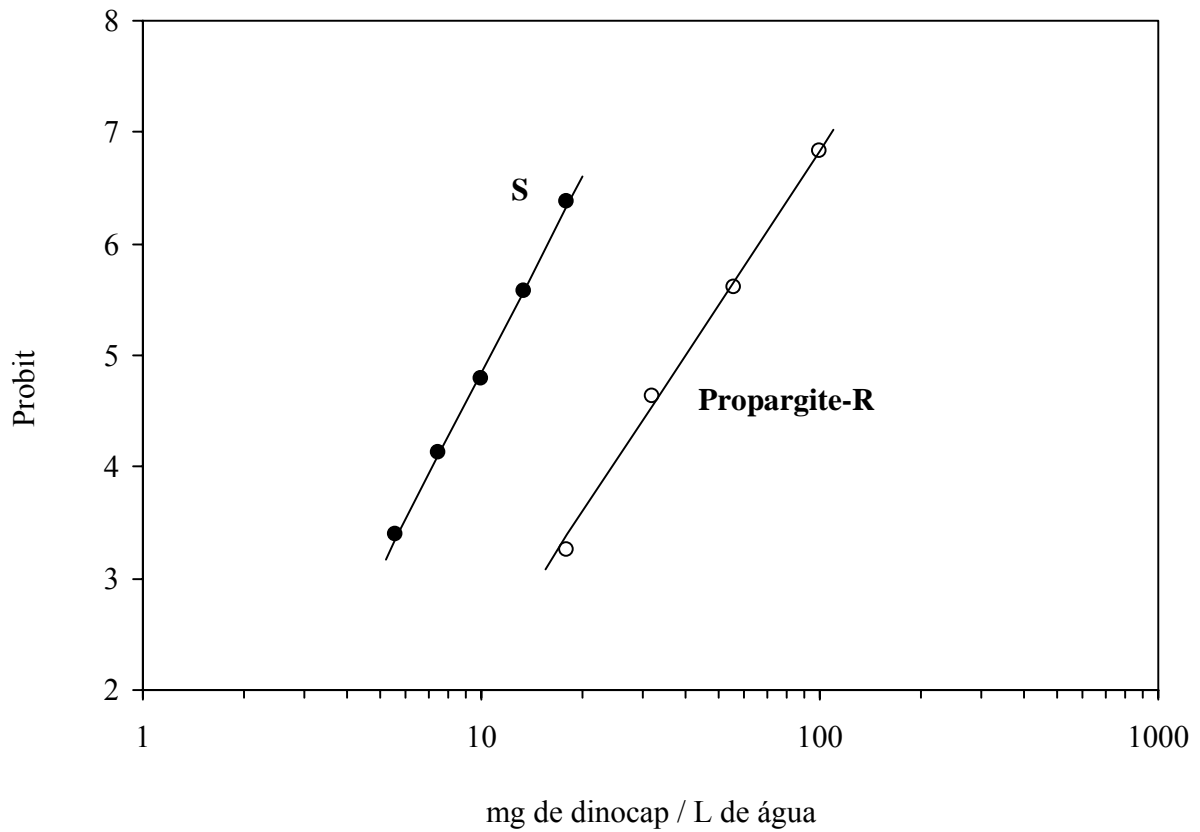


Figura 13 – Curva de concentração-mortalidade das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) ao acaricida dinocap. Intensidade de resistência cruzada de 3,51 vezes

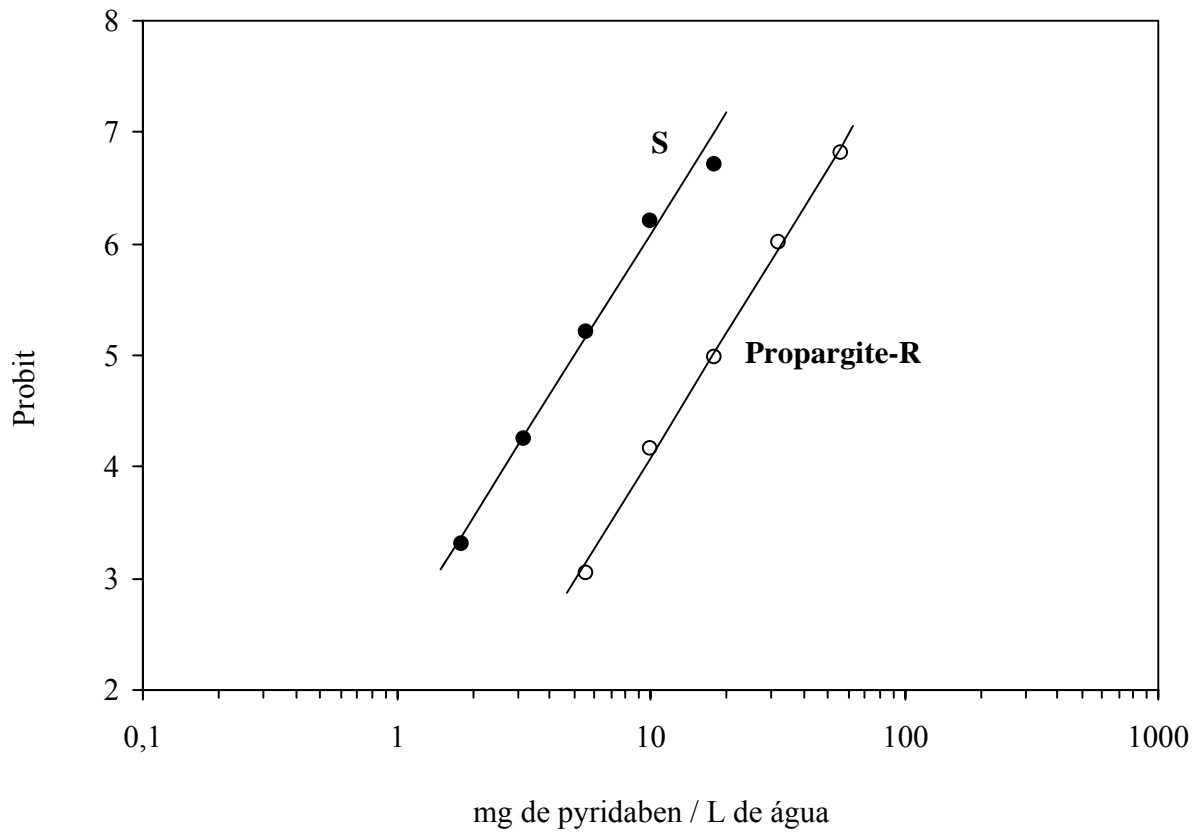


Figura 14 – Curva de concentração-mortalidade das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) ao acaricida pyridaben. Intensidade de resistência cruzada de 3,50 vezes

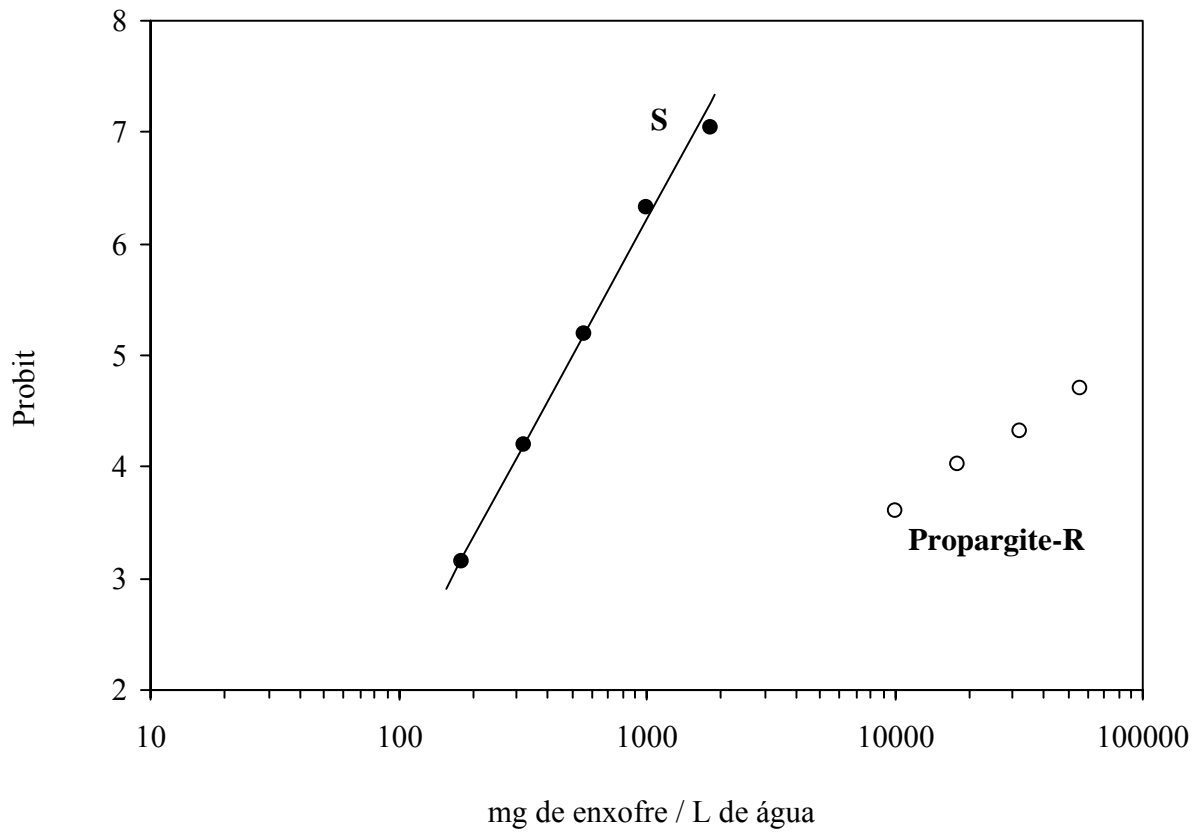


Figura 15 – Curva de concentração-mortalidade das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) ao acaricida enxofre. Intensidade de resistência cruzada > 111 vezes

No estudo do monitoramento da suscetibilidade de populações de *B. phoenicis* coletadas em pomares de citros foi verificada ausência de correlação entre a sobrevivência das populações testadas na concentração diagnóstica de cyhexatin e a sobrevivência na concentração diagnóstica de propargite (Tabela 1; Figura 4), visto que algumas populações de *B. phoenicis* apresentaram alta sobrevivência a cyhexatin e baixa sobrevivência a propargite. Esses resultados podem ser devidos à resistência múltipla, na qual dois ou mais mecanismos de resistência estariam envolvidos (OPPENORTH, 1985). Segundo Grafton-Cardwell; Granett e Leigh (1987) a resistência entre propargite e dicofol pode ser um caso de resistência múltipla porque apenas 9% das populações de *T. urticae* e 16% das populações de *T. pacificus* avaliadas quanto à suscetibilidade a propargite e dicofol mostraram resistência a ambos acaricidas. O acaricida pyridaben é um inibidor do transporte de elétrons no complexo I (SCHULER; CASIDA, 2001; DEKEYSER, 2005), então, essa relação de resistência cruzada observada entre propargite e pyridaben em *B. phoenicis* também pode ser um caso de resistência múltipla.

Os mecanismos bioquímicos envolvidos na resistência de artrópodes a pesticidas são divididos em: (a) alteração de sítio de ação, (b) aumento na destoxificação metabólica por enzimas e (c) redução na penetração e/ou na translocação do pesticida até o sítio de ação (OPPENORTH, 1984, 1985). O principal mecanismo de resistência sugerido para a evolução da resistência em ácaros a acaricidas que interferem no processo da respiração celular tem sido o aumento na atividade metabólica porque pode explicar os casos de resistência cruzada com acaricidas que atuam em sítios de ação distintos (STUMPF; NAUEN, 2001; VAN LEEUWEN; VAN POTTELBERGE; TIRRY, 2006). Segundo Stumpf e Nauen (2001) uma linhagem de *T. urticae* resistente a tebufenpyrad que expressou resistência cruzada aos acaricidas pyridaben e fenpyroximate apresentou maior atividade do citocromo P-450 do que a linhagem suscetível, sendo parcialmente explicado pela atividade das monooxigenases dependentes do citocromo P-450. Enquanto que para uma linhagem resistente a chlorfenapyr com resistência cruzada a amitraz, bromopropylate, clofentezine e dimethoate a atividade das esterases apresentou importante papel na destoxificação desse composto (VAN LEEUWEN; STILLATUS; TIRRY, 2004). As atividades das monooxigenases e esterases também foram expressivas na destoxificação metabólica nas linhagens de *T. urticae* resistente a fenpyroximate e aos acaricidas bifenthrin, dicofol e óxido de fenbutatin. A linhagem resistente a fenpyroximate apresentou resistência cruzada com acrinathrin, propargite, benzoximate, pyridaben, abamectin,

tebufenpyrad, óxido de fenbutatin, fenpropathrin, azocyclotin, bromopropylate, chlorfenapyr, dicofol, fenazaquin e milbemectin (KIM et al., 2004). A linhagem resistente aos acaricidas bifenthrin, dicofol e óxido de fenbutatin apresentou resistência cruzada com clofentezine, dimethoate, chlorfenapyr, bromopropylate, amitraz, flucycloxuron e azocyclotin (VAN LEEUWEN; VAN POTTELBERGE; TIRRY, 2005).

A detecção de resistência cruzada entre propargite e enxofre, intensidade de resistência cruzada > 111 vezes, em *B. phoenicis* confirma a correlação significativa na suscetibilidade a propargite e enxofre (Figura 6; Figura 8). Embora o modo de ação do enxofre não esteja esclarecido, existem evidências de que possa interferir no transporte de elétrons na mitocôndria (HASSALL, 1982). Dessa forma, a resistência entre propargite e enxofre pode ser devida à resistência múltipla ou resistência cruzada devido o aumento na atividade metabólica. Portanto, trabalhos futuros também devem focar os mecanismos de resistência envolvidos na evolução da resistência de *B. phoenicis* a acaricida para compreender as relações de resistência cruzada ou múltipla.

O enxofre é muito utilizado, principalmente no controle de *P. oleivora*, na cultura dos citros, devido ao baixo custo desse produto comparado com outros acaricidas organossintéticos (Quadro 2). Embora, o pico populacional do ácaro-da-falsa-ferrugem e do ácaro-da-leprose ocorra em épocas distintas do ano, principalmente, nos meses mais chuvosos e secos respectivamente (BITANCOURT, 1940; OLIVEIRA, 1986; PUZZI; VEINERT, 1968), é possível que o controle fitossanitário de *P. oleivora* exerça pressão de seleção sobre *B. phoenicis*. Então, como consequência da alta intensidade de resistência cruzada entre propargite e enxofre (> 111 vezes) em *B. phoenicis* o uso do propargite após o uso do enxofre ou vice-versa ou em mistura não deve ser recomendado por causa do alto risco de redução de eficácia do propargite no controle de *B. phoenicis*. Outra importante recomendação é que também seja adotada a rotação de acaricidas para o controle de *P. oleivora* para evitar/retardar a evolução da resistência, uma vez que evolução da resistência de *P. oleivora* a acaricidas já foi reportada para o dicofol em citros na Flórida, Estados Unidos (OMOTO et al., 1994).

No manejo da resistência, a rotação de acaricidas tem sido uma das principais estratégias utilizadas para prevenir e/ou retardar a evolução da resistência de artrópodes a pesticidas (GEORGHIOU, 1983; TABASHNIK, 1990). Para o sucesso dessa estratégia é necessário que sejam utilizados acaricidas que tenham modo de ação distinto e que não apresentem resistência



cruzada. No presente trabalho pode se concluir que há baixa intensidade de resistência cruzada entre os acaricidas propargite e os organoestânicos azocyclotin (1,8 vezes) e cyhexatin (4,6 vezes), ou seja, entre inibidores da fosforilação oxidativa via disrupção da síntese de ATP, embora seja possível que haja uma diferença no sítio de ação. Assim como, foi verificada resistência cruzada entre propargite e os acaricidas dinocap (3,5 vezes) e pyridaben (3,5 vezes), desacoplador da fosforilação oxidativa e inibidor do transporte de elétrons respectivamente. Entretanto, é necessário estudar a persistência da atividade biológica desses acaricidas na discriminação de ácaros resistentes em condições de campo porque é possível que essa baixa intensidade de resistência cruzada não seja suficiente para causar fracassos no controle quando utilizados em rotação com propargite.

### **2.3.3 Avaliação do custo adaptativo associado à resistência de *Brevipalpus phoenicis* a propargite**

Não foram observadas diferenças significativas entre as linhagens S e Propargite-R quanto à duração dos estágios de ovo ( $t = 1,59$ ; g.l. = 71;  $P = 0,1161$ ), larva ( $t = -0,88$ ; g.l. = 65;  $P = 0,3824$ ), protocrisálida ( $t = 1,23$ ; g.l. = 65;  $P = 0,2241$ ), protoninfa ( $t = 0,41$ ; g.l. = 60;  $P = 0,6801$ ), deutocrisálida ( $t = 1,10$ ; g.l. = 60;  $P = 0,2752$ ), deutoninfa ( $t = 0,99$ ; g.l. = 57;  $P = 0,3260$ ) e teliocrisálida ( $t = 1,09$ ; g.l. = 57;  $P = 0,2782$ ) (Tabela 3). A duração em dias ( $\pm$  erro padrão da média) do período de ovo até a emergência do adulto da linhagem S foi 21,24 ( $\pm 0,360$ ) e da linhagem Propargite-R foi 22,04 ( $\pm 0,309$ ) não diferiram entre si ( $t = 1,62$ ; g.l. = 57;  $P = 0,1098$ ) (Tabela 3). Na fase adulta não houve diferença significativa entre as linhagens S e Propargite-R quanto à duração do período de pré-oviposição ( $t = -0,35$ ; g.l. = 52;  $P = 0,7311$ ) e de oviposição ( $t = -0,33$ ; g.l. = 48;  $P = 0,7432$ ); mas o período de pós-oviposição foi maior para a linhagem Propargite-R ( $3,70 \pm 0,350$ ) do que para a linhagem S ( $2,80 \pm 0,191$ ) ( $t = 2,38$ ; g.l. = 51;  $P = 0,0209$ ) (Tabela 4). A longevidade dos ácaros da linhagem S ( $13,50 \pm 1,138$ ) e Propargite-R ( $13,69 \pm 1,366$ ) não diferiram entre si ( $t = 0,11$ ; g.l. = 57;  $P = 0,9136$ ) e o ciclo completo de desenvolvimento (de ovo até a morte do adulto) também não diferiu entre as linhagens S ( $35,08 \pm 1,252$ ) e Propargite-R ( $35,73 \pm 1,444$ ) ( $t = 0,34$ ; g.l. = 57;  $P = 0,7323$ ) (Tabela 4; Figura 13). A fecundidade (número médio de ovos/fêmea  $\pm$  erro padrão da média) das

linhagens S ( $12,33 \pm 1,723$ ) e Propargite-R ( $11,96 \pm 2,075$ ) não diferiram entre si ( $t = -0,14$ ; g.l. = 57;  $P = 0,8900$ ) (Tabela 4; Figura 14).

Os parâmetros biológicos estimados a partir do cálculo da tabela de vida e fertilidade foram bastante próximos entre as linhagens S e Propargite-R (Tabela 5). A taxa líquida de reprodução ( $R_o$ ) da linhagem S e Propargite-R foi 20,49 e 19,50, a capacidade inata de aumento ( $r_m$ ) foi 0,100 e 0,097, a razão finita de aumento ( $\lambda$ ) foi 1,105 e 1,102 e o tempo de duração média de uma geração foi 30,35 e 30,70 dias, respectivamente.

O valor adaptativo representa as diferenças entre os genótipos de uma população, sendo que no contexto evolutivo é a taxa de aumento de um genótipo em relação a outros genótipos e, frequentemente, mensurada por parâmetros biológicos. As populações evoluem ao longo do tempo em decorrência de alterações no ambiente devida à sobrevivência e reprodução diferencial entre genótipos. A evolução da resistência de pragas a agroquímicos constitui um exemplo de evolução em resposta à alteração do ambiente pelo homem e, geralmente, ocorre em curto espaço de tempo (FUTUYMA, 1997; GOULD, 1991). Os indivíduos resistentes apresentam maior valor adaptativo na presença do agroquímico, mas na ausência de pressão de seleção (sem uso do agroquímico) podem apresentar menor valor adaptativo em relação aos indivíduos suscetíveis (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977; ROUSH; CROFT, 1986; ROUSH; MCKENZIE, 1987). Segundo Crow (1957), os genótipos resistentes provavelmente apresentam desvantagens adaptativas na ausência de pressão de seleção, caso contrário, seriam mais comuns antes do processo de seleção. No entanto, a ausência de custo adaptativo associado ao gene que confere resistência pode ser explicada pelo histórico evolutivo da espécie, ou seja, durante o processo evolutivo há possibilidade de incorporação de genes modificadores que podem aumentar o valor adaptativo dos indivíduos resistentes. Nesta situação, o restabelecimento da suscetibilidade seria lento mesmo na ausência da pressão seletiva (FFRENCH-CONSTANT, 2007; HARTLEY et al., 2006; McCART; BUCKLING; FFRENCH-CONSTANT, 2005).

Tabela 3 – Duração  $\pm$  erro padrão da média (intervalo de variação), em dias, dos estágios embrionário e pós-embrionário das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h

Estágio de desenvolvimento	Linhagem				<i>t</i>	g.l. <sup>b</sup>	<i>P</i>
	<i>n</i> <sup>a</sup>	S	<i>n</i>	Propargite-R			
Ovo	41	7,61 $\pm$ 0,114 (6,5 – 9,5)	32	7,95 $\pm$ 0,196 (5,5 – 12,0)	1,59	71	0,1161
Larva	37	2,08 $\pm$ 0,090 (1,0 – 3,0)	30	1,97 $\pm$ 0,093 (1,5 – 3,5)	-0,88	65	0,3824
Protocrisálida	37	2,01 $\pm$ 0,074 (1,0 – 3,0)	30	2,15 $\pm$ 0,084 (1,5 – 4,0)	1,23	65	0,2241
Protoninfa	33	1,58 $\pm$ 0,079 (1,0 – 2,5)	29	1,62 $\pm$ 0,073 (1,0 – 2,5)	0,41	60	0,6801
Deutocrisálida	33	2,23 $\pm$ 0,069 (1,0 – 3,0)	29	2,33 $\pm$ 0,057 (1,5 – 3,0)	1,10	60	0,2752
Deutoninfa	33	2,45 $\pm$ 0,212 (1,5 – 8,5)	26	2,71 $\pm$ 0,112 (1,5 – 4,0)	0,99	57	0,3260
Teliocrisálida	33	2,92 $\pm$ 0,062 (2,5 – 3,5)	26	3,04 $\pm$ 0,087 (2,5 – 4,0)	1,09	57	0,2782
Ovo-adulto <sup>c</sup>	33	21,24 $\pm$ 0,360 (19 – 30,5)	26	22,04 $\pm$ 0,309 (18 – 26,5)	1,62	57	0,1098

<sup>a</sup> Número de observações

<sup>b</sup> Graus de liberdade

<sup>c</sup> Período de ovo até a emergência do adulto

Tabela 4 – Duração  $\pm$  erro padrão da média (intervalo de variação), em dias, dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição, longevidade e ciclo completo e número de ovos por fêmea  $\pm$  erro padrão da média (intervalo de variação) das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h

Período	Linhagem				<i>t</i>	g.l. <sup>b</sup>	<i>P</i>
	<i>n</i> <sup>a</sup>	S	<i>n</i>	Propargite-R			
Pré-oviposição	31	2,85 $\pm$ 0,096 (2,0 – 4,0)	23	2,78 $\pm$ 0,206 (2,0 – 6,5)	-0,35	52	0,7311
Oviposição	28	9,34 $\pm$ 1,187 (1 - 25)	22	8,77 $\pm$ 1,217 (2 - 21)	-0,33	48	0,7432
Pós-oviposição	30	2,80 $\pm$ 0,191 (0,5 – 5,0)	23	3,70 $\pm$ 0,350 (1,5 – 8,5)	2,38	51	0,0209
Longevidade	33	13,50 $\pm$ 1,138 (4,0 – 30,0)	26	13,69 $\pm$ 1,366 (3,5 – 30,5)	0,11	57	0,9136
Ciclo completo <sup>c</sup>	33	35,08 $\pm$ 1,252 (23,0 – 51,0)	26	35,73 $\pm$ 1,444 (26,0 – 51,5)	0,34	57	0,7323
Fecundidade <sup>d</sup>		12,33 $\pm$ 1,723 (0 – 32)		11,96 $\pm$ 2,075 (0 – 39)	-0,14	57	0,8900

<sup>a</sup> Número de observações

<sup>b</sup> Graus de liberdade

<sup>c</sup> Período de ovo até a morte do adulto

<sup>d</sup> Número de ovos por fêmea

Tabela 5 – Parâmetros biológicos obtidos pela tabela de vida e fertilidade para as linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) pelo método proposto por Andrewartha e Birch (1954) apud Silveira Neto et al. (1976)

Parâmetros biológicos	Linhagem	
	S	Propargite-R
<i>R</i> <sub>o</sub>	20,49	19,50
<i>T</i>	30,35	30,70
<i>r</i> <sub>m</sub>	0,100	0,097
$\lambda$	1,105	1,102

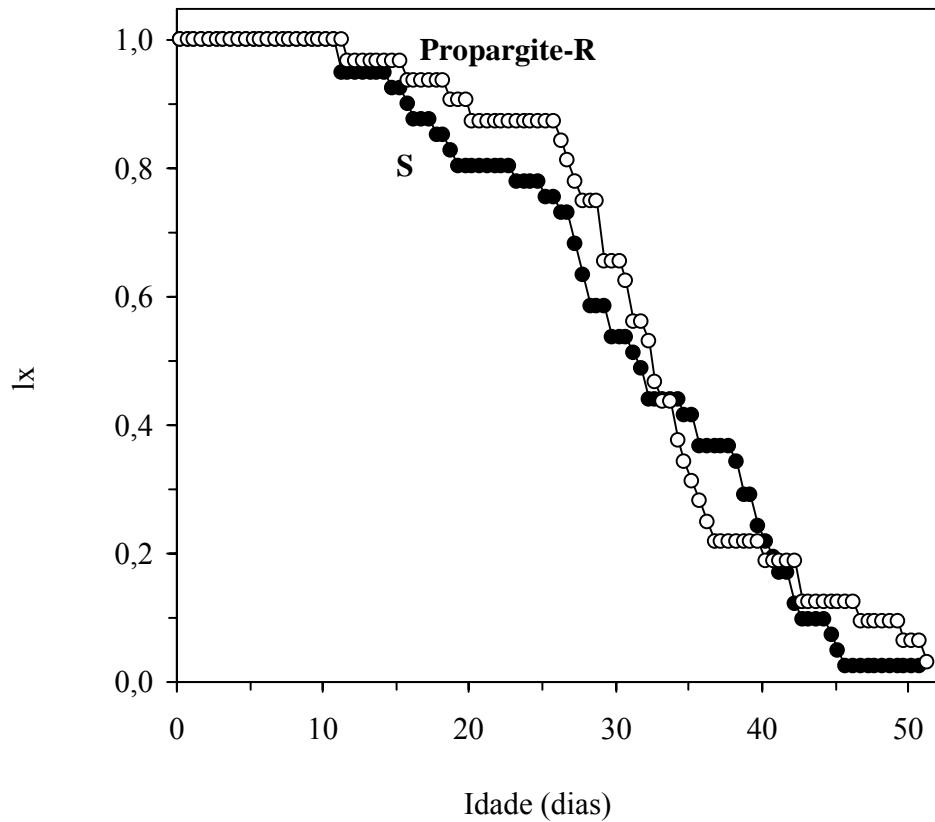


Figura 13 – Sobrevivência de fêmeas (lx) das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h

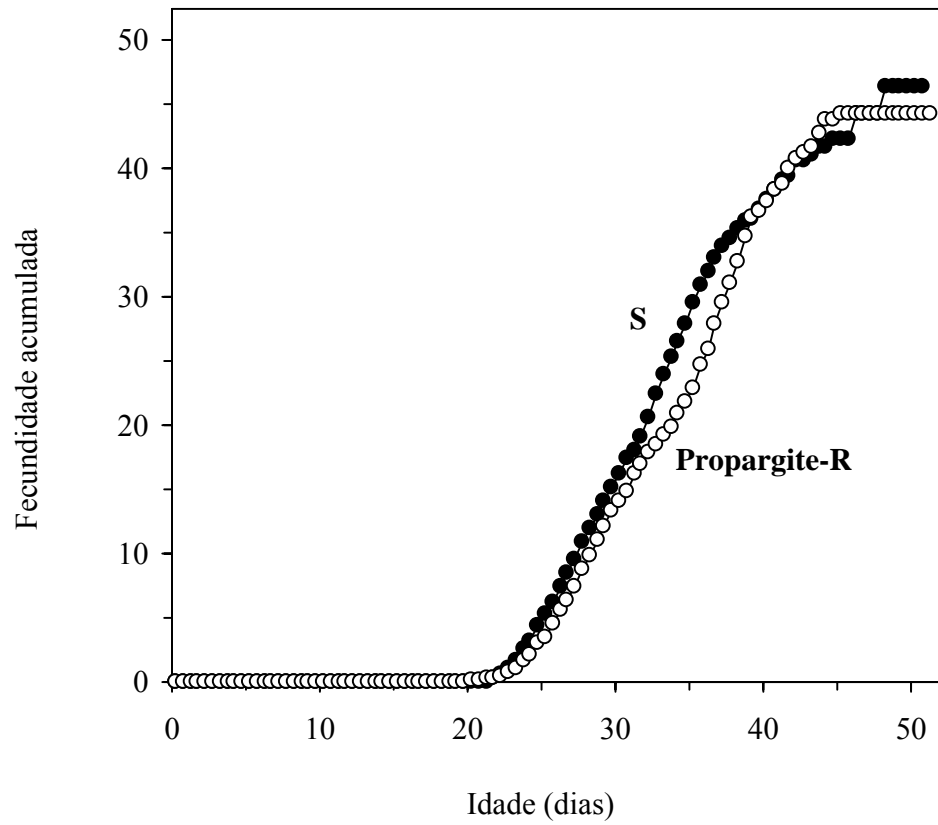


Figura 14 – Fecundidade acumulada das linhagens de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) e resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência a  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h

A ocorrência de custo adaptativo da linhagem resistente na ausência de pressão de seleção permite o rápido restabelecimento da suscetibilidade. Entretanto, casos de ausência de diferenças adaptativas entre linhagens suscetível e resistente de ácaros acaricidas já foram relatados. Mable e Pree (1992) verificaram que a ausência de diferenças na fecundidade em *P. ulmi* resistente a dicofol, ou seja, ausência de custo adaptativo foi um fator importante responsável pela estabilidade da resistência observada em populações de *P. ulmi* em laboratório e campo. A estabilidade da resistência de ácaros aos acaricidas inibidores da respiração celular já foram observadas em condições de laboratório em *T. pacificus* a cyhexatin e propargite (HOY; CONLEY; ROBINSON, 1988; HOY; CONLEY, 1989) e em *T. urticae* a tebufenpyrad (HERRON; HOPHAIL, 2002); em condições de campo em *T. urticae* a cyhexatin e óxido de fenbutatin (TIAN; GRAFTON-CARDWELL; GRANETT, 1992).

Segundo Flexner et al. (1989), a reversão para a suscetibilidade em *T. urticae* a cyhexatin ocorreu após três ou seis gerações, em condições de laboratório. A presença de custo adaptativo foi um dos fatores responsáveis pela instabilidade da resistência, uma vez que foi observado maior tempo de desenvolvimento na linhagem resistente comparada a linhagem suscetível. Para os acaricidas inibidores da respiração celular, casos de instabilidade também já foram verificados em *T. urticae* a cyhexatin e fenpyroximate, entretanto, a reversão para a suscetibilidade foi lenta (EDGE; JAMES, 1986; SATO et al., 2004).

O custo adaptativo pode se manifestar não apenas em parâmetros biológicos, como tempo de desenvolvimento e fecundidade, mas em outras características importantes para sua sobrevivência e reprodução, como aspectos comportamentais, competição intra e interespecífica (predação). Essas diferenças também podem ser influenciadas pelas condições ambientais como temperatura, umidade e hospedeiro. Segundo Yamamoto et al. (1995) o custo adaptativo da linhagem resistente de *P. citri* a hexythiazox foi mais evidente a 35 °C do que a 25 °C.

A resistência de *B. phoenicis* a hexythiazox, razão de resistência > 10.000 vezes, foi estável em condições de laboratório e associada à ausência de custo adaptativo da linhagem resistente. No entanto, a resistência a hexythiazox se mostrou instável em condições de campo (CAMPOS; OMOTO, 2002, 2006). A resistência de *B. phoenicis* a dicofol também foi instável em condições de campo (ALVES, 2004; ALVES; CASARIN; OMOTO, 2005).

Pelos resultados deste trabalho conclui-se que não há custo adaptativo de *B. phoenicis* associado à resistência a propargite para os parâmetros biológicos avaliados no laboratório.

Entretanto, há necessidade de realizar estudos futuros de dinâmica da resistência em condições de campo para que estratégias efetivas de manejo da resistência de *B. phoenicis* a propargite possam ser implementadas.

#### **2.4 Implicações no manejo da resistência de *Brevipalpus phoenicis* a acaricidas na citricultura**

A evolução da resistência do ácaro-da-leprose *B. phoenicis* a acaricidas em citros tem sido um dos fatores responsáveis pelas falhas no controle (OMOTO et al., 2000; CAMPOS; OMOTO, 2002; FRANCO, 2002). Na citricultura brasileira os acaricidas inibidores da respiração celular são componentes importantes de programas de manejo da resistência, porém devido ao intenso uso foram verificadas diferenças significativas quanto à suscetibilidade aos acaricidas cyhexatin, azocyclotin, propargite e enxofre em populações de *B. phoenicis*. Por isso, estudos de monitoramento da suscetibilidade são de extrema importância prática para verificar a magnitude da resistência, além da conscientização dos citricultores e técnicos da necessidade da adoção de estratégias de manejo da resistência.

No manejo da resistência, a rotação de acaricidas tem sido uma das principais estratégias utilizadas para prevenir e/ou retardar a evolução da resistência de *B. phoenicis* a acaricidas em citros. A recomendação dos acaricidas em rotação ou mistura é baseada no seu modo de ação e na ausência de resistência cruzada. Então, os estudos de resistência cruzada são importantes para aprimorar as recomendações de manejo e para prever os riscos da evolução da resistência, até mesmo para novos compostos antes do lançamento no mercado.

Os estudos de custo adaptativo devem estar associados a trabalhos de dinâmica da resistência em condições de campo, devida a sua grande importância para o manejo, uma vez que possibilita inferir um período mínimo entre as pulverizações de um acaricida que favoreça o retorno da suscetibilidade.

Portanto, para um controle satisfatório de *B. phoenicis* em citros, além dos estudos de monitoramento da suscetibilidade, presença de resistência cruzada e dinâmica da resistência, é importante a realização de trabalhos que visem aprimorar a tecnologia de aplicação de agroquímicos, dessa forma maximizando a eficiência no controle, estudos de seletividade a



inimigos naturais, refinamento das técnicas de amostragem da densidade populacional de ácaros e outros métodos de controle que contribuam na redução da pressão de seleção pelo uso constante de acaricidas. Dessa forma será possível implementar programas efetivos de manejo da resistência de *B. phoenicis* em citros, mantendo a citricultura competitiva, principalmente, com o aumento das exigências do mercado e a redução no número de ingredientes ativos disponíveis para o controle dessa praga.

### 3 CONCLUSÕES

Há alta variabilidade na suscetibilidade aos acaricidas cyhexatin, azocyclotin, propargite e enxofre em populações de *Brevipalpus phoenicis* coletadas em pomares de citros;

Há baixa intensidade de resistência cruzada entre propargite e os acaricidas azocyclotin, cyhexatin, dinocap e pyridaben em *B. phoenicis*. Por outro lado, a intensidade de resistência cruzada entre propargite e enxofre é bastante alta;

Não há custo adaptativo associado à resistência de *B. phoenicis* a propargite.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E.B. **Dinâmica da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) ao acaricida dicofol**. 2004. 79 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- ALVES, E.B.; OMOTO, C.; FRANCO, C.R. Resistência cruzada entre o dicofol e outros acaricidas em *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 765-771, 2000.
- ALVES, E.B.; CASARIN, N.F.B.; OMOTO, C. Mecanismos de dispersão de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) em pomares de citros. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 89-96, 2005.
- AUGER, P.; BONAFOS, R.; GUICHOU, S.; KREITER, S. Resistance to fenazaquin and tebufenpyrad in *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) populations from South of France apple orchards. **Crop Protection**, Guildford, v. 22, p. 1.039-1.044, 2003.
- BITANCOURT, A.A. A mancha de ácaro ou falsa ferrugem das laranjas. **Biológico**, São Paulo, v. 7, p. 189-192, 1940.
- CAMPOS, F.J.; OMOTO, C. Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 26, n. 3/4, p. 243-251, 2002.
- CAMPOS, F.J.; OMOTO, C. Estabilidade da Resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) a hexythiazox em pomares de citros. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 840-848, 2006.
- CASIDA, J.E.; QUISTAD, G.B. Golden age of insecticide research: past, present, or future?. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 43, p. 1-16, 1998.
- CHAGAS, C.M. Associação do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) à mancha anular do cafeeiro. **Biológico**, São Paulo, v. 39, p. 229-232, 1973.

CHAPMAN, R.B.; PENMAN, D.R. Resistance to propargite by European red mite and two-spotted mite. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 27, p. 103-105, 1984.

CHIAVEGATO, L.G. Biologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis* em citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 8, p. 813-816, 1986.

CHIAVEGATO, L.G.; MISCHAN, N.M. Comportamento do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) em frutos de diferentes variedades cítricas. **Científica**, São Paulo, v. 15, n. 1/2, p. 17-22, 1987.

CHILDERS, C.C.; DERRICK, K.S. *Brevipalpus* mites as vectors of unassigned rhabdoviruses in various crops. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 30, n. 1/3, p. 1-3, 2003.

CHILDERS, C.C.; RODRIGUES, J.C.V; WELBOURN, W.C. Host plants of *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) and their potential involvement in the spread of viral diseases vectored by these mites. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 30, n. 1/3, p. 29-105, 2003.

CHILDERS, C.C.; KITAJIMA, E.W.; WELBOURN, W.C.; RIVERA, C.; OCHOA, R. *Brevipalpus* mites on citrus and their status as vectors of citrus leprosis. **Manejo Integrado de Plagas**, Turrialba, v. 60, p. 66-70, 2001.

CORBETT, J.R.; WRIGHT, K.; BAILLIE, A.C. **The biochemical mode of action of pesticides**. 2nd ed. London: Academic Press, 1984. 382 p.

CROW, J. Genetics of insect resistance to chemicals. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 2, p. 227-246, 1957.

DEKEYSER, M.A. Acaricide mode of action. **Pest Management Science**, Sussex, v. 61, n. 2, p. 103-110, 2005.

DENNEHY, T.J.; GRANETT, J.; LEIGH, T.F.; COLVIN, A. Laboratory and field investigations of spider mite (Acari: Tetranychidae) resistance to the selective acaricide propargite. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 80, n. 3, p. 565-574, 1987.

DEVINE, G.J.; KHAMBAY, B. Communication to the Editor METI-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* does not confer resistance to the naphthoquinones. **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, n. 8, p. 749-750, 2001.

DEVINE, G.J.; BARBER, M.; DENHOLM, I. Incidence and inheritance of resistance to METI-acaricides in European strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Acari: Tetranychidae). **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, n. 5, p. 443-448, 2001.

EDGE, V.E.; JAMES, D.G. Organo-tin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Australia. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 79, p. 1477-1483, 1986.

FFRENCH-CONSTANT, R.H. Which came first: insecticides or resistance? **Trends in Genetics**, v. 23, n.1, p. 1-4, 2007.

FLECHTMANN, C.H.W. **Ácaros de importância agrícola**. 6.ed. São Paulo: Nobel, 1985. 189 p.

FLEXNER, J.L.; THEILING, K.M.; CROFT, B.A.; WESTIGARD, P.H. Fitness and immigration: factors affecting reversion of organotin resistance in the Twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, n. 4, p. 996-1002, 1989.

FRANCO, C.R. **Detecção e caracterização da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) ao acaricida propargite**. 2002. 64 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FUKAMI, J. Insecticides as inhibitors of respiration. In: WILKINSON, C.F. (Ed.) **Insecticide biochemistry and physiology**. New York: Plenum Press, 1976. chap. 10, p. 353-396.

FUTUYMA, D.J. **Biologia evolutiva**. Tradução de M. de Vivo e coordenação de F.M. Sene 2.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética; CNPq, 1997. 646 p.

GEORGHIOU, G.P. The evolution of resistance to pesticides. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 3, p. 133-168, 1972

GEORGHIU, G.P. Management of resistance in arthropods. In: GEORGHIU, G.P.; SAITO, T. (Ed.). **Pest resistance to pesticides**. New York: Plenum, 1983. p. 769-792.

GEORGHIU, G.P.; TAYLOR, C.E. Genetic and Biological influences in the evolution of insecticide resistance. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 70, n. 3, p. 319-323, 1977.

GOKA, K. Mode of Inheritance of resistance to three new acaricides in Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 22, p. 699-708, 1998.

GOULD, F. The evolutionary potential of crop pests. **American Scientist**, New Haven, v. 79, n. 6, p. 496-507, 1991.

GRAFTON-CARDWELL, E.E.; GRANETT, J.; LEIGH, T.F. Spider mites species (Acari: Tetranychidae) response to propargite: basis for an acaricide resistance management program. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 80, n. 3, p. 579-587, 1987.

HARAMOTO, F.H. Biology and control of *Brevipalpus poenicis* (Geijskes) (Acarina: Tenuipalpidae). **Hawaii Agricultural Experimental Station Technical Bulletin**, Honolulu, n. 68, p. 1-63, 1969.

HARTLEY, C.J.; NEWCOMB, R.D.; RUSSELL, R.J.; YONG, C.G.; STEVENS, J.R.; YEATES, D.K.; LA SALLE, J.; OAKESHOTT, J.G. Amplification of DNA from preserved specimens shows blowflies were preadapted for the rapid evolution of insecticide resistance. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 103, n. 23, p. 8.757-8.762, 2006.

HASSALL, K.A. **The chemistry of pesticides: their metabolism, mode of action and uses in crop protection**. London: The Macmillan Press Ltd, 1982. 372 p.

HERRON, G.A.; ROPHAIL, J. Tebufenpyrad (Pyranica®) resistance detected in two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) from apples in Western Australia. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 22, n. 11, p. 633-641, 1998.

HERRON, G.; ROPHAIL, J. The stability of tebufenpyrad resistance in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) under laboratory conditions. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 26, n. 3/4, p. 253-256, 2002.

HERRON, G.A.; EDGE, V.E.; ROPHAIL, J. The influence of fenbutatin-oxide on organotin resistance in two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 18, p. 753-755, 1994.

HOY, M.A.; CONLEY, J. Propargite resistance in Pacific spider mite (Acari: Tetranychidae): stability and mode of inheritance. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, n. 1, p. 11-16, 1989.

HOY, M.A.; CONLEY, J.; ROBINSON, W. Cyhexatin and fenbutatin-oxide resistance in pacific spider mite (Acari: Tetranychidae): stability and mode of inheritance. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 81, n. 1, p. 57-64, 1988.

INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **The Irac eClassification: an interactive mode of action (MoA) tool.** Disponível em: <http://www.iraconline.org/eclassification/>. Acesso em: 22 jan. 2007.

KABIR, K.H.; CHAPMAN, R.B.; PENMAN, D.R. Miticide bioassays with spider mites (Acari: Tetranychidae): effect of test method, exposure period and mortality criterion on the precision of response estimates. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 17, n. 9, p. 695-708, 1993.

KADIR, H.A.; KNOWLES, C.O. Inhibition of ATP dephosphorylation by acaricides with emphasis on the anti-ATPase activity of the carbodiimide metabolite of diafenthiuron. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 84, n. 3, p. 801-805, 1991.

KEENA, M.A.; GRANETT, J. Variability in toxicity of propargite to spider mites (Acari: Tetranychidae) from California almonds. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 78, n. 6, p. 1.212-1.216, 1985.

KEENA, M.A.; GRANETT, J. Cyhexatin and propargite resistance in populations of Spider Mites (Acari: Tetranychidae) from California almonds. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 80, n. 3, p. 560-564, 1987.

KIM, Y-J; LEE, S-H.; LEE, S-W.; AHN, Y-J. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. **Pest Management Science**, Sussex, v. 60, p. 1.001-1.006, 2004.

KITAJIMA, E.W.; MÜLLER, G.W.; COSTA, A.S.; YUKI, V.A. Short, rod-like particles associated with citrus leprosis. **Virology**, New York, v. 50, n. 1, p. 254-258, 1972.

KITAJIMA, E.W.; REZENDE, J.A.M.; RODRIGUES, J.C.V.; CHIAVEGATO, L.G.; PIZA JR., C.T.; MOROZINI, W. Green Spot of passion fruit, a possible viral disease associated with infestation by the mite *Brevipalpus phoenicis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 555-559, 1997.

KONNO, R.H.; FRANCO, C.R.; OMOTO, C. Suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas organoestânicos em citros. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 703-709, 2001.

KORDEL, W.; STEIN, B. Fate of the organotin pesticide azocyclotin in aquatic microcosms. **Chemosphere**, Oxford, v. 35, n. 1/2, p. 191-207, 1997.

LAL, L. Biology of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Tenuipalpidae: Acarina). **Acarologia**, Paris, v. 20, n. 1, p. 97-101, 1978.

LEONARD, P.K. Chlorfenapyr, a novel IPM compatible resistance management tool for fruit production. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 525, p. 257-275, 2000.

LEORA SOFTWARE. **Polo-PC**: a user's guide to probit or logit analysis. Berkeley, 1987. 20 p.

MABLE, B.K.; PREE, D.J. Stability of dicofol resistance in populations of European red mite (Acari: Tetranychidae) on apples in Southern Ontario. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 85, n. 3, p. 642-650, 1992.

MANSOUR, F.A.; PLAUT, H.N. The effectiveness of various acaricides against resistant and susceptible carmine spider mites. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 7, n. 3, p. 185-193, 1979.

McCART, C.; BUCKLING, A.; FFRENCH-CONSTANT, R.H. DDT resistance in flies carries no cost. **Current Biology**, v. 15, n. 15, p. R587-R589, 2005.

MUSUMECI, M.R.; ROSSETTI, V. Transmissão dos sintomas da leprose dos citros pelo ácaro *Brevipalpus phoenicis*. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 228, 1963.



NAKANO, O. Rotatividade de ingredientes ativos em citros. In: OLIVEIRA, C.A.L.; DONADIO, L.C. (Ed.). **Leprose dos citros**. Jaboticabal: Funep, 1995. p. 189-194.

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

OMOTO, C.; ALVES, E.B.; RIBEIRO, P.C. Detecção e Monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 757-764, 2000.

OMOTO, C.; DENNEHY, T.J.; McCOY, C.W.; CRANE, S.E.; LONG, J.W. Detection and characterization of the interpopulation variation of citrus rust mite (Acari: Eriophyidae) resistance to dicofol in Florida citrus. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 87, n. 3, p. 566-572, 1994.

OPPENORTH, F.J. Biochemistry of insecticide resistance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego v. 22, p.187-193, 1984.

OPPENORTH, F.J. Biochemistry and genetics of insecticide resistance. In: KERKUT, G.A.; GILBERT, L.I. (Ed.) **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology**. Oxford (Oxfordshire); New York: Pergamon Press, 1985. v. 12, chap. 19, p.731-773.

OVERMEER, W.P.J.; VAN ZON, A.Q.; HELLE, W. The stability of acaricide resistance in spider mite (*Tetranychus urticae*) populations from rose houses. **Entomologia Experimentalis & Applicata**, Dordrecht, v. 18, p. 68-74, 1975.

PREE, D.J.; WAGNER, H.W. Occurrence of cyhexatin and dicofol resistance in the european red mite, *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae), in southern Ontario. **The Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 119, p. 287-290, 1987.

PUZZI, D.; VEINERT, T. Estudos sobre a época de combate ao “ácaro da ferrugem dos citros” - *Phyllocoptruta oleivora* (Ashm) no Estado de São Paulo. **Biológico**, São Paulo, v. 34, p. 3-7, 1968.

ROBERTSON, J.L.; PREISLER, H.K. **Pesticide bioassay with arthropods**. Boca Ranton: CRC Press, 1992. 127 p.

RODRIGUES, J.C.V.; NOGUEIRA, N.L. Ocorrência de *Brevipalpus phoenicis* G. (Acari: Tenuipalpidae) em *Ligustrum lucidum* (Oleraceae) associado à mancha anelar do ligustre. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 343-344, 1996.

RODRIGUES, J.C.V.; NOGUEIRA, N.L.; FREITAS, D.S.; PRATES, H.S. Vírus-like particles associated with *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae), vector of citrus leprosis virus. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 391-395, 1997.

ROSSETTI, V.; FASSA, T.G.; MUSUMECI, R.M. Um novo ácaro dos laranjais paulistas. **O Biológico**, São Paulo, v. 25, p. 273-275, 1959.

ROSSETTI, V.; NAKADAIRA, J.T.; CALZA, R.; MIRANDA, C.A.B. A propagação da clorose zonada dos citrus pelo ácaro *Brevipalpus phoenicis*. **O Biológico**, São Paulo, v. 31, p. 113-116, 1965.

ROUSH, R.T.; CROFT, B.A. Experimental population genetics and ecological studies of pesticide resistance in insects and mites. In: NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Pesticide resistance: strategies and tactics for management**. Washington, D.C.: National Academic Press, 1986. chap. 3, p. 257-270.

ROUSH, R.T.; MCKENZIE, J.A. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 32, p. 361-380, 1987.

SATO, M.E.; SILVA, M. da Seleções artificiais para resistência e suscetibilidade de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a propargite em laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, p. 258-260, 2002.

SATO, M.E.; SUPPLY FILHO, N.; SOUZA FILHO, M.F. de; TAKEMATSU, A.P. Resistência do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) a diversos acaricidas em morangueiro (*Fragaria sp*) nos municípios de Atibaia-SP e Piedade-SP. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 19, p. 40-46, 1994.

SATO, M.E.; MIYATA, T.; SILVA, M da.; RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F. de Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross-resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 39, n. 2, p. 293-302, 2004.

SATO, M.E.; PASSEROTTI, C.M.; TAKEMATSU, A.P.; SOUZA FILHO, M.F. de; POTENZA, M.R.; SIVIERI, A.P. Resistência de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) a acaricidas em pessegueiro (*Prunus pérsica* (L.) Batsch) em Paranapanema e Jundiaí, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 67, n. 1, p. 117-123, 2000.

SCHULER, F.; CASIDA, J.E. The insecticide target in the PSST subunit of complex I. **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, n. 10, p. 932-940, 2001.

SHEN, H. Resistance and cross-resistance of *Tetranychus viennensis* (Acari: Tetranychidae) to 14 inseticides and acaricidas. **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 4, p. 9-14, 1999.

SILVA, M. da; SATO, M.E.; SOUZA FILHO, M.F. de; RAGA, A. Monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a propargite no Estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, p. 230-232, 2002.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1976. 419 p.

SOUZA FILHO, M.F. de; SUPLICY FILHO, N.; SATO, M.E.; TAKEMATSU, A.P. Suscetibilidade do ácaro-rajado proveniente de videira de Pilar do Sul, SP, a diversos acaricidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1.187-1.192, 1994.

STUMPF, N.; NAUEN, R. Cross resistance, inheritance, and biochemistry of mitochondrial electron transport inhibitor-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 6, p. 1.577-1.583, 2001.

SUPLICY FILHO, N.; SOUZA FILHO, M.F. de; TAKEMATSU, A.P.; SATO, M.E. Resistência do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) a acaricidas em roseira, na região de Itapevi, SP. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 51-55, 1994.

TABASHNIK, B.E. Modeling and evaluation of resistance management tactics. In: ROUSH, R.T.; TABASHNIK, B.E. (Ed.). **Pesticide resistance in arthropods**. New York: Chapman and Hall, 1990. p. 153-182.

TAKEMATSU, A.P.; SUPLICY FILHO, N.; SOUZA FILHO, M.F. de; SATO, M.E. Sensibilidade de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836), proveniente de roseira (*Rosa* sp) de Holambra-SP a alguns acaricidas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 69, n. 2, p. 129-137, 1994.

TIAN, T.; GRAFTON-CARDWELL, E.E.; GRANETT, J. Resistance of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to cyhexatin and fenbutatin-oxide in California pears. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 85, n. 6, p. 2088-2095, 1992.

TRINDADE, M.L.B.; CHIAVEGATO, L.G. Colonização por *Brevipalpus obovatus* Donnadieu, 1875, *Brevipalpus californicus* (Banks, 1904) e *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1935) (Acari: Tenuipalpidae) em variedades cítricas. **Laranja**, Cordeiroópolis, v. 11, n. 1, p. 227-240, 1990.

TRINDADE, M.L.B.; CHIAVEGATO, L.G. Caracterização biológica dos ácaros *Brevipalpus obovatus* D., *B. californicus* B. e *B. phoenicis* G. (Acari: Tenuipalpidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 189-195, 1994.

UNWIN, B. Chemical resistance in populations of *Tetranychus urticae* (Koch) (Acarina: Tetranychidae) from apple orchards in New South Wales, Australia. **Journal of the Australian Entomological Society**, Brisbane, v. 12, p. 59-67, 1973.

VAN LEEUWEN, T.; STILLATUS, V.; TIRRY, L. Genetic analysis and cross-resistance spectrum of a laboratory-selected chlorfenapyr resistant strain of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 32, p. 249-261, 2004.

VAN LEEUWEN, T.; VAN POTTELBERGE, S.; TIRRY, L. Comparative acaricide susceptibility and detoxifying enzyme activities in field-collected resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae* Koch. **Pest Management Science**, Sussex, v. 61, p. 499-507, 2005.

VAN LEEUWEN, T.; VAN POTTELBERGE, S.; TIRRY, L. Biochemical analysis of a chlorfenapyr-selected resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch. **Pest Management Science**, Sussex, v. 62, p. 425-433, 2006.

WARE, G.W. **Fundamentals of pesticides: a self-instruction guide**. 3rd ed. Fresno: Thomson Publ., 1991. 307 p.

WELTY, C.; REISSIG, W.H.; DENNEHY, T.J.; WEIRES, R.W. Cyhexatin resistance in New York populations of european red mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 80, p. 230-236, 1987.

YAMAMOTO, A.; YONEDA, H.; HATANO, R.; ASADA, M. Influence of hexythiazox resistance on life history parameters in the citrus red mite *Panonychus citri* (McGregor). **Journal of Pesticide Science**, Tokyo, v. 20, n. 4, p. 521-527, 1995.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Tabela de vida e fertilidade da linhagem de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) em frutos de laranja da variedade Valência. Temperatura de  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h (continua)

x	mx	lx	mx.lx	mx.lx.x
0,25	0,000	1,000	0,000	0,000
0,75	0,000	1,000	0,000	0,000
1,25	0,000	1,000	0,000	0,000
1,75	0,000	1,000	0,000	0,000
2,25	0,000	1,000	0,000	0,000
2,75	0,000	1,000	0,000	0,000
3,25	0,000	1,000	0,000	0,000
3,75	0,000	1,000	0,000	0,000
4,25	0,000	1,000	0,000	0,000
4,75	0,000	1,000	0,000	0,000
5,25	0,000	1,000	0,000	0,000
5,75	0,000	1,000	0,000	0,000
6,25	0,000	1,000	0,000	0,000
6,75	0,000	1,000	0,000	0,000
7,25	0,000	1,000	0,000	0,000
7,75	0,000	1,000	0,000	0,000
8,25	0,000	1,000	0,000	0,000
8,75	0,000	1,000	0,000	0,000
9,25	0,000	1,000	0,000	0,000
9,75	0,000	1,000	0,000	0,000
10,25	0,000	1,000	0,000	0,000
10,75	0,000	1,000	0,000	0,000
11,25	0,000	0,951	0,000	0,000
11,75	0,000	0,951	0,000	0,000
12,25	0,000	0,951	0,000	0,000
12,75	0,000	0,951	0,000	0,000
13,25	0,000	0,951	0,000	0,000
13,75	0,000	0,951	0,000	0,000
14,25	0,000	0,951	0,000	0,000
14,75	0,000	0,927	0,000	0,000
15,25	0,000	0,927	0,000	0,000
15,75	0,000	0,902	0,000	0,000
16,25	0,000	0,878	0,000	0,000
16,75	0,000	0,878	0,000	0,000
17,25	0,000	0,878	0,000	0,000
17,75	0,000	0,854	0,000	0,000
18,25	0,000	0,854	0,000	0,000
18,75	0,000	0,829	0,000	0,000
19,25	0,000	0,805	0,000	0,000
19,75	0,000	0,805	0,000	0,000
20,25	0,000	0,805	0,000	0,000

APÊNDICE A – Tabela de vida e fertilidade da linhagem de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) em frutos de laranja da variedade Valência. Temperatura de  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h (continuação)

x	mx	lx	mx.lx	mx.lx.x
20,75	0,000	0,805	0,000	0,000
21,25	0,061	0,805	0,049	1,037
21,75	0,182	0,805	0,146	3,183
22,25	0,303	0,805	0,244	5,427
22,75	0,485	0,805	0,390	8,878
23,25	0,625	0,780	0,488	11,341
23,75	1,000	0,780	0,780	18,537
24,25	0,563	0,780	0,439	10,646
24,75	1,188	0,780	0,927	22,939
25,25	0,968	0,756	0,732	18,476
25,75	0,903	0,756	0,683	17,585
26,25	1,133	0,732	0,829	21,768
26,75	1,067	0,732	0,780	20,878
27,25	1,071	0,683	0,732	19,939
27,75	1,308	0,634	0,829	23,012
28,25	1,167	0,585	0,683	19,293
28,75	1,083	0,585	0,634	18,232
29,25	1,000	0,585	0,585	17,122
29,75	1,091	0,537	0,585	17,415
30,25	1,091	0,537	0,585	17,707
30,75	1,091	0,537	0,585	18,000
31,25	0,667	0,512	0,341	10,671
31,75	1,100	0,488	0,537	17,037
32,25	1,556	0,439	0,683	22,024
32,75	1,778	0,439	0,780	25,561
33,25	1,556	0,439	0,683	22,707
33,75	1,333	0,439	0,585	19,756
34,25	1,111	0,439	0,488	16,707
34,75	1,412	0,415	0,585	20,341
35,25	1,765	0,415	0,732	25,793
35,75	1,333	0,366	0,488	17,439
36,25	1,067	0,366	0,390	14,146
36,75	1,067	0,366	0,390	14,341
37,25	0,800	0,366	0,293	10,902
37,75	0,667	0,366	0,244	9,207
38,25	0,714	0,341	0,244	9,329
38,75	0,667	0,293	0,195	7,561
39,25	0,167	0,293	0,049	1,915
39,75	0,800	0,244	0,195	7,756
40,25	0,667	0,220	0,146	5,890
40,75	0,750	0,195	0,146	5,963

APÊNDICE A – Tabela de vida e fertilidade da linhagem de *Brevipalpus phoenicis* suscetível (S) em frutos de laranja da variedade Valência. Temperatura de  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h (conclusão)

x	mx	lx	mx.lx	mx.lx.x
41,25	0,857	0,171	0,146	6,037
41,75	0,286	0,171	0,049	2,037
42,25	1,200	0,122	0,146	6,183
42,75	0,000	0,098	0,000	0,000
43,25	0,500	0,098	0,049	2,110
43,75	0,500	0,098	0,049	2,134
44,25	0,000	0,098	0,000	0,000
44,75	0,667	0,073	0,049	2,183
45,25	0,000	0,049	0,000	0,000
45,75	0,000	0,024	0,000	0,000
46,25	2,000	0,024	0,049	2,256
46,75	0,000	0,024	0,000	0,000
47,25	0,000	0,024	0,000	0,000
47,75	0,000	0,024	0,000	0,000
48,25	2,000	0,024	0,049	2,354
48,75	0,000	0,024	0,000	0,000
49,25	0,000	0,024	0,000	0,000
49,75	0,000	0,024	0,000	0,000
50,25	0,000	0,024	0,000	0,000
50,75	0,000	0,024	0,000	0,000
		$\Sigma$	20,488	621,756

$$R_o = 20,49$$

$$T = 30,35$$

$$r_m = 0,100$$

$$\lambda = 1,105$$



APÊNDICE B – Tabela de vida e fertilidade da linhagem de *Brevipalpus phoenicis* resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência. Temperatura de  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h (continua)

x	mx	lx	mx.lx	mx.lx.x
0,25	0,000	1,000	0,000	0,000
0,75	0,000	1,000	0,000	0,000
1,25	0,000	1,000	0,000	0,000
1,75	0,000	1,000	0,000	0,000
2,25	0,000	1,000	0,000	0,000
2,75	0,000	1,000	0,000	0,000
3,25	0,000	1,000	0,000	0,000
3,75	0,000	1,000	0,000	0,000
4,25	0,000	1,000	0,000	0,000
4,75	0,000	1,000	0,000	0,000
5,25	0,000	1,000	0,000	0,000
5,75	0,000	1,000	0,000	0,000
6,25	0,000	1,000	0,000	0,000
6,75	0,000	1,000	0,000	0,000
7,25	0,000	1,000	0,000	0,000
7,75	0,000	1,000	0,000	0,000
8,25	0,000	1,000	0,000	0,000
8,75	0,000	1,000	0,000	0,000
9,25	0,000	1,000	0,000	0,000
9,75	0,000	1,000	0,000	0,000
10,25	0,000	1,000	0,000	0,000
10,75	0,000	1,000	0,000	0,000
11,25	0,000	1,000	0,000	0,000
11,75	0,000	0,969	0,000	0,000
12,25	0,000	0,969	0,000	0,000
12,75	0,000	0,969	0,000	0,000
13,25	0,000	0,969	0,000	0,000
13,75	0,000	0,969	0,000	0,000
14,25	0,000	0,969	0,000	0,000
14,75	0,000	0,969	0,000	0,000
15,25	0,000	0,969	0,000	0,000
15,75	0,000	0,938	0,000	0,000
16,25	0,000	0,938	0,000	0,000
16,75	0,000	0,938	0,000	0,000
17,25	0,000	0,938	0,000	0,000
17,75	0,000	0,938	0,000	0,000
18,25	0,000	0,938	0,000	0,000
18,75	0,000	0,906	0,000	0,000
19,25	0,000	0,906	0,000	0,000
19,75	0,069	0,906	0,063	1,234
20,25	0,071	0,875	0,063	1,266

APÊNDICE B – Tabela de vida e fertilidade da linhagem de *Brevipalpus phoenicis* resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência. Temperatura de  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h (continuação)

x	mx	lx	mx.lx	mx.lx.x
20,75	0,071	0,875	0,063	1,297
21,25	0,071	0,875	0,063	1,328
21,75	0,071	0,875	0,063	1,359
22,25	0,071	0,875	0,063	1,391
22,75	0,286	0,875	0,250	5,688
23,25	0,286	0,875	0,250	5,813
23,75	0,643	0,875	0,563	13,359
24,25	0,429	0,875	0,375	9,094
24,75	0,929	0,875	0,813	20,109
25,25	0,429	0,875	0,375	9,469
25,75	1,143	0,875	1,000	25,750
26,25	1,037	0,844	0,875	22,969
26,75	0,692	0,813	0,563	15,047
27,25	1,120	0,781	0,875	23,844
27,75	1,333	0,750	1,000	27,750
28,25	1,167	0,750	0,875	24,719
28,75	1,083	0,750	0,813	23,359
29,25	1,143	0,656	0,750	21,938
29,75	1,143	0,656	0,750	22,313
30,25	0,857	0,656	0,563	17,016
30,75	0,800	0,625	0,500	15,375
31,25	1,222	0,563	0,688	21,484
31,75	0,889	0,563	0,500	15,875
32,25	0,824	0,531	0,438	14,109
32,75	0,667	0,469	0,313	10,234
33,25	0,714	0,438	0,313	10,391
33,75	0,571	0,438	0,250	8,438
34,25	1,167	0,375	0,438	14,984
34,75	0,909	0,344	0,313	10,859
35,25	1,000	0,313	0,313	11,016
35,75	1,778	0,281	0,500	17,875
36,25	1,250	0,250	0,313	11,328
36,75	2,000	0,219	0,438	16,078
37,25	1,714	0,219	0,375	13,969
37,75	1,429	0,219	0,313	11,797
38,25	1,714	0,219	0,375	14,344
38,75	2,000	0,219	0,438	16,953
39,25	1,429	0,219	0,313	12,266
39,75	0,571	0,219	0,125	4,969
40,25	0,667	0,188	0,125	5,031
40,75	1,000	0,188	0,188	7,641

APÊNDICE B – Tabela de vida e fertilidade da linhagem de *Brevipalpus phoenicis* resistente a propargite (Propargite-R) em frutos de laranja da variedade Valência. Temperatura de  $25 \pm 1$  °C e fotofase de 14 h (conclusão)

x	mx	lx	mx.lx	mx.lx.x
41,25	0,333	0,188	0,063	2,578
41,75	1,333	0,188	0,250	10,438
42,25	0,667	0,188	0,125	5,281
42,75	0,500	0,125	0,063	2,672
43,25	0,500	0,125	0,063	2,703
43,75	1,000	0,125	0,125	5,469
44,25	1,000	0,125	0,125	5,531
44,75	0,000	0,125	0,000	0,000
45,25	0,500	0,125	0,063	2,828
45,75	0,000	0,125	0,000	0,000
46,25	0,000	0,125	0,000	0,000
46,75	0,000	0,094	0,000	0,000
47,25	0,000	0,094	0,000	0,000
47,75	0,000	0,094	0,000	0,000
48,25	0,000	0,094	0,000	0,000
48,75	0,000	0,094	0,000	0,000
49,25	0,000	0,094	0,000	0,000
49,75	0,000	0,063	0,000	0,000
50,25	0,000	0,063	0,000	0,000
50,75	0,000	0,063	0,000	0,000
51,25	0,000	0,031	0,000	0,000
		$\Sigma$	19,50	598,625

$$R_o = 19,50$$

$$T = 30,70$$

$$r_m = 0,097$$

$$\lambda = 1,102$$

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)