





**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PESTICIDAS PARA MANEJO DA MOSCA-BRANCA (*Bemisia tabaci*, biótipo B) VISANDO A REDUÇÃO DA TRANSMISSÃO DE BEGOMOVÍRUS AO TOMATEIRO**

**DANILO AKIO DE SOUSA ESASHIKA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**  
**MARÇO/2014**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PESTICIDAS PARA MANEJO DA MOSCA-BRANCA (*Bemisia tabaci*, biótipo B) VISANDO A REDUÇÃO DA TRANSMISSÃO DE BEGOMOVÍRUS AO TOMATEIRO**

**DANILO AKIO DE SOUSA ESASHIKA**

**ORIENTADORA: CRISTINA SCHETINO BASTOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO: 71 /2014**

**BRASÍLIA/DF**  
**MARÇO/2014**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**PESTICIDAS PARA MANEJO DA MOSCA-BRANCA (*Bemisia tabaci*, biótipo B) VISANDO A REDUÇÃO DA TRANSMISSÃO DE BEGOMOVÍRUS AO TOMATEIRO**

**DANILO AKIO DE SOUSA ESASHIKA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

**CRISTINA SCHEPINO BASTOS, Dr. Entomologia /Universidade de Brasília/  
007.369.317-08/ cschetino@unb.br**

---

**ALICE KAZUKO INOUE NAGATA, Dr. Fitopatologia/ Embrapa Hortaliças/  
333.936.991-72/ alicenag@cnph.embrapa.br**

---

**MIGUEL MICHEREFF FILHO, Dr. Entomologia/ Embrapa Hortaliças/  
719.419.249-72/ miguel.michereff@embrapa.br**

**BRASÍLIA/DF, 21 de março de 2014.**

Esashika, Danilo Akio de Sousa.  
Pesticidas para o manejo da mosca-branca (*Bemisia tabaci*,  
biótipo B) visando a redução da transmissão de begomovírus  
ao tomateiro. / Danilo Akio de Sousa Esashika; orientação de  
Cristina Schetino Bastos. – Brasília, 2014.

146 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de  
Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária,  
2013.

1. Mosca-branca. 2. Pesticidas. 3. Begomovírus. 4. Tomate. I.  
Bastos, C. S. II. Pesticidas para o manejo da mosca-branca  
(*Bemisia tabaci*, biótipo B) visando a redução da transmissão de  
begomovírus ao tomateiro.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ESASHIKA, D.A.S . **Pesticidas para o manejo da mosca-branca (*Bemisia tabaci*,  
biótipo B) visando a redução da transmissão de begomovírus ao tomateiro.**  
Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília,  
2014, 146 p. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Danilo Akio de Sousa Esashika

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Pesticidas para o manejo da mosca-branca (*Bemisia  
tabaci*, biótipo B) visando a redução da transmissão de begomovírus ao tomateiro.

GRAU: Mestrado

ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias  
desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e  
científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma  
parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito  
do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

-----  
Nome: Danilo Akio de Sousa Esashika

Tel. (61) 82599200

Email: daniloakio09@hotmail.com

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todas as pessoas que fazem parte da nossa sociedade esperando que estas informações gerem algum benefício para as nossas vidas, em especial aos meus pais, Admilson Incaua Esashika e Suely Nilsa Guedes de Sousa Esashika, e irmãos, Daniel Shim de Sousa Esashika e Rafael Incaua de Sousa Esashika, por serem a melhor representação de Deus em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A meus orientadores Miguel Michereff Filho, Cristina Schetino e Alice Nagata, pela paciência, pela compreensão, pela instrução, pela oportunidade, pelo incentivo e pelo apoio.

A colegas e amigos do Laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, Rômulo, Cristina, Karla, Nayara, Hanna, Carol, Patrícia, Jéssica(s), Michael, Claudney, Pedro, Ranner, Moisés, Jaqueline, Pablo, Sarah e Bruna. Em especial, à Taisa Gomes, pessoa fundamental para a realização deste trabalho, pela amizade, pela dedicação e pelos momentos de descontração que me proporcionou.

Aos colegas e amigos do laboratório de Virologia da Embrapa Hortaliças, Mônica, Moana, Pedro, Oneilson, Lúcio, Débora, Tadeu, Juliana (s), Camila. Em especial à Sarah Barreto por toda a ajuda, orientação, ensinamentos e amizade.

Aos pesquisadores e funcionários da Embrapa Hortaliças, Mirtes, Moita, “tia Zefinha”, “Patrick”, Ramilton, Adenir, Ronaldo, Bento, Pedro, Mário, Raquel e Larissa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia e do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia pelos ensinamentos científicos e pelo profissionalismo.

À Universidade de Brasília e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa Hortaliças pela concessão da infra-estrutura física e operacional.

Em especial à minha família, por tudo.

E acima de tudo agradeço a Deus por tudo isso e muito mais que proporciona constantemente a todas as pessoas.

## RESUMO

O complexo de pragas begomovírus e *Bemisia tabaci* biótipo B é uma das principais causas de perdas econômicas nas lavouras de tomate. O controle químico é a tática mais utilizada no manejo destes organismos. Entretanto, muitos casos de ineficiência de inseticidas contra a mosca-branca vêm sendo relatados, simultaneamente a perdas crescentes na produção. Nesse contexto, este trabalho objetivou avaliar: se a interação do vetor com o vírus afeta a sua suscetibilidade aos inseticidas; a eficiência de pesticidas na mortalidade do inseto e na transmissão primária; a associação do controle químico com a resistência varietal e a interferência de pesticidas na transmissão secundária. Para investigar se a interação de *B. tabaci* com o *Tomato severe rugose virus* – ToSRV (*Geminiviridae: Begomovirus*) afeta a sua suscetibilidade aos inseticidas, foram testados quatro ingredientes ativos (i.a.s) em adultos avirulíferos e virulíferos. Não houve diferença na mortalidade entre insetos de acordo com a condição de virulência em razão do inseticida testado. Na determinação da eficiência de pesticidas na mortalidade do vetor e na transmissão primária de begomovírus ao tomateiro, foram testados dez inseticidas, seis óleos (vegetais e mineral) e suas misturas em condições de laboratório. O ingrediente ativo lambda-cialotrina (106mg do i.a./L de água) + tiametoxam (141mg/L) apresentou os melhores resultados dentre os inseticidas avaliados, reduzindo significativamente o número de moscas-brancas virulíferas, bem como a incidência e severidade da doença. Nenhum dos óleos testados reduziu significativamente a incidência da doença. A mistura do melhor inseticida (tiametoxam+lambda-cialotrina) com o melhor óleo [Triona<sup>®</sup> a 0,5%(v/v)] apresentou os melhores resultados entre os tratamentos avaliados, reduzindo significativamente a população do vetor, a incidência de ToSRV e a severidade da doença. Na determinação da eficiência do controle químico associado à utilização de cultivares com resistência a begomovirose, foi realizado um experimento de campo com duas cultivares (uma resistente e outra suscetível aos begomovírus) acondicionadas em gaiolas de tecido voil. O tratamento químico avaliado consistiu na mistura dos i.a.s tiametoxam (141mg/L) + lambda-cialotrina (106mg/L) com o óleo mineral [Triona<sup>®</sup> a 0,5% (v/v)]. A associação das duas ferramentas de controle se mostrou eficaz no manejo deste complexo de pragas reduzindo significativamente a população do vetor, a incidência do patógeno e a severidade da doença. Para avaliação da eficiência dos inseticidas no controle da transmissão secundária foi realizado um experimento de campo com os inseticidas

tiametoxam (141mg/L) + lambda-cialotrina (106mg/L), beta-ciflutrina (8,75mg/L) + imidacloprido (70mg/L) e tiametoxam (50mg/L) em mistura com óleo mineral Triona<sup>®</sup> 0,5% (v/v). Plantas de tomate (cv.Viradouro) foram acondicionadas em gaiolas de tecido voil (12 plantas sadias para quatro plantas infectadas com ToSRV). Um dia após a pulverização dos tratamentos foram liberados 600 adultos de *B. tabaci* avirulíferos. Plantas pulverizadas com tiametoxam+lambda-cialotrina e imidacloprido+beta-ciflutrina misturados com óleo mineral não foram infectadas. Concluiu-se que, a presença do ToSRV no inseto não interfere na sua suscetibilidade aos inseticidas; há pesticidas capazes de controlar a população do vetor e reduzir a transmissão (primária e secundária) de ToSRV; a associação de controle químico e resistência varietal é eficaz no manejo deste complexo de pragas.

**Palavras-chave:** Geminivirose, controle químico, transmissão.

## ABSTRACT

### PESTICIDES FOR WHITEFLY (*Bemisia tabaci* biotype B) MANAGEMENT TO REDUCE THE TRANSMISSION OF TOMATO BEGOMOVIRUS

The begomovirus and *Bemisia tabaci* biotype B complex is considered as the major cause of economic losses in tomato crops. The chemical control is the main strategy used to control these insects. However, many cases of the low efficiency of synthetic insecticides have been reported, while the losses in tomato production are growing. At this context, this work aims to evaluate: whether virus-vector interactions affects the susceptibility of whiteflies to insecticides; efficiency of pesticides on insect mortality and the primary transmission; the combination of chemical control with varietal resistance and interference of pesticides in secondary transmission. To investigate whether the interaction of *B. tabaci* biotype B with *Tomato severe rugose virus* - ToSRV (*Geminiviridae: Begomovirus*) affects their susceptibility to insecticides, four active ingredients (a.i.s) were tested in aviruliferous and viruliferous adults. No difference in mortality was observed according to the viruliferous condition. To evaluate the efficiency of pesticides in the vector mortality and primary transmission of begomoviruses on tomato, ten synthetic insecticides, six oils (vegetable and mineral) and their mixtures in laboratory conditions were tested. The active ingredient lambda-cyhalothrin (106mg of a.i./L in spray solution) + thiamethoxam (141mg/L) were the best products among the evaluated synthetic insecticides, significantly reducing the number of viruliferous whiteflies, as well as the incidence (ToSRV) and the severity of disease. None of the tested oils significantly reduced the disease incidence. A mixture of the best synthetic insecticide (lambda-cyhalothrin + thiamethoxam) with the best oil [Triona<sup>®</sup> a 0,5%(v/v)] showed the best results among the treatments, significantly reducing the vector population, the incidence of ToSRV and the disease severity. To evaluate the efficiency of the chemical control associated with the use of genetic resistance, a field experiment was conducted with two cultivars (one resistant and other susceptible to begomoviruses) placed in cages covered by voile. The evaluated chemical treatment was the mixture of the a.i.s thiamethoxam (141mg/L) + lambda-cyhalothrin (106mg/L) with the mineral oil [Triona<sup>®</sup> a 0,5% (v/v)]. The association of these control tools was effective in the management of this pest complex, showing significantly reduction on vector population, incidence (ToSRV) and disease severity. To evaluate

the effectiveness of the insecticides in the control of secondary transmission a field experiment was carried out with the insecticides thiamethoxam (141mg/L) + lambda-cyhalothrin (106mg/L), beta-cyfluthrin (8,75mg/L) + imidacloprid (70mg/L) and thiamethoxam (50mg/L) in mixture with the mineral oil Triona<sup>®</sup> 0,5% (v/v). Tomato plants (cv. Viradoro) were placed in cages of voile (12 healthy plants to four plants infected with ToSRV). One day after the spraying of products, 600 aviruliferous adults (*B. tabaci* biotype B) were released. Plants sprayed with lambda-cyhalothrin + thiamethoxam and imidacloprid + beta-cyfluthrin mixed with mineral oil were not infected with ToSRV. It was concluded that the presence of ToSRV in the insect did not interfere in their susceptibility to insecticides; there are pesticides that can control the vector population and reduce the transmission (primary and secondary) of ToSRV; and the combination of chemical control and genetic resistance is effective in the management of this pest complex.

**Keywords:** Geminivirus, chemical control, transmission.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
1.2 PROBLEMÁTICA E RELEVÂNCIA.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 A CULTURA DO TOMATEIRO .....	20
2.2 A MOSCA-BRANCA <i>Bemisia tabaci</i> BIÓTIPO B .....	21
2.3 GEMINIVIROSE DO TOMATEIRO.....	22
2.4 INTER-RELAÇÃO E INTERAÇÕES ENTRE <i>B. tabaci</i> , BEGOMOVÍRUS E TOMATEIRO.....	26
2.5 CONTROLE DA MOSCA-BRANCA E DA BEGOMOVIROSE .....	30
2.6 CONTROLE QUÍMICO .....	30
2.7 ÓLEOS VEGETAIS E MINERAL.....	32
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
CAPÍTULO 1 - INTERFERÊNCIA DO BEGOMOVÍRUS <i>Tomato Severe Rugose Virus</i> (ToSRV) NA MORTALIDADE DO VETOR <i>Bemisia tabaci</i> BIÓTIPO B EXPOSTO À INSETICIDAS.....	50
RESUMO .....	50
ABSTRACT .....	51
INTRODUÇÃO.....	52
MATERIAL E MÉTODO.....	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
CONCLUSÕES .....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
CAPÍTULO 2 - INSETICIDAS PARA CONTROLE DA MOSCA-BRANCA ( <i>Bemisia tabaci</i> , BIÓTIPO B) E REDUÇÃO DA TRANSMISSÃO DE BEGOMOVÍRUS AO TOMATEIRO.....	68
RESUMO .....	68
ABSTRACT .....	70
INTRODUÇÃO.....	71

MATERIAL E MÉTODO.....	73
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
CONCLUSÕES .....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
CAPÍTULO 3 - ASSOCIAÇÃO DE CONTROLE QUÍMICO E RESISTÊNCIA VARIETAL NA REDUÇÃO DA TRANSMISSÃO DE BEGOMOVÍRUS AO TOMATEIRO.....	108
RESUMO .....	108
ABSTRACT .....	110
INTRODUÇÃO .....	112
MATERIAL E MÉTODO.....	115
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	119
CONCLUSÕES .....	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
CAPÍTULO 4 - INSETICIDAS NO CONTROLE DA TRANSMISSÃO SECUNDÁRIA DE <i>BEGOMOVIRUS</i> (GEMINIVIRIDAE) AO TOMATEIRO POR <i>Bemisia tabaci</i> BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE).....	130
RESUMO .....	130
ABSTRACT .....	132
INTRODUÇÃO .....	134
MATERIAL E MÉTODO.....	136
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	139
CONCLUSÕES .....	143
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144

## INTRODUÇÃO

A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) é uma importante praga de solanáceas, cucurbitáceas, leguminosas e malváceas em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (Oliveira et al., 2001; Sauvion et al., 2005). A disseminação mundial do biótipo B de *B. tabaci* em plantas cultivadas é o principal fator que contribui para o aumento global das doenças transmitidas por moscas-brancas (Jones, 2003). Este biótipo é o principal vetor de espécies de begomovírus reportadas infectando tomateiro (Inoue-Nagata et al., 2004a; Fernandes et al., 2008) e feijoeiro (Lourenção & Nagai, 1994) no Brasil.

Em tomateiro, a mosca-branca representa uma séria ameaça por provocar injúrias diretas (sucção da seiva e injeção de toxinas) que resultam em desuniformidade na maturação dos frutos e na isoporização da polpa, e injúrias indiretas decorrentes da transmissão de vírus e pela excreção de substâncias açucaradas (“honeydew”) que recobrem as folhas, servindo como substrato para o desenvolvimento de fungos saprófitos, como o *Capnodium* sp. (fumagina), que ocasionam o aparecimento da fumagina. O crescimento deste fungo nas folhas causa a redução da área fotossinteticamente ativa, reduzindo a produção, a qualidade e o valor comercial dos frutos (Hilje et al., 2001; Oliveira et al., 2001; França et al., 1996). Contudo, a principal injúria causada pela mosca-branca à cultura do tomateiro é a transmissão de vírus. Dentre os vírus transmitidos pela *B. tabaci* biótipo B os do gênero *Begomovirus* (Geminiviridae) destacam-se pela predominância nas lavouras brasileiras de tomate e pelos prejuízos provocados na produção (Giordano et al., 2005; Fernandes et al., 2008). Esses vírus possuem DNA de fita simples, podendo ser mono ou bipartidos e são transmitidos exclusivamente por moscas-brancas. Nos anos de 2000 a 2006, foram observadas epidemias de begomovirose, resultando em grandes prejuízos em lavouras de tomate para consumo *in natura* e para processamento industrial, nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, demandando o desenvolvimento de cultivares com resistência e/ou tolerância genética ao fitopatógeno (Giordano et al., 2005). Esses vírus não raro estão presentes em 100% das plantas nas lavouras de tomate de mesa (Inoue-Nagata et al., 2004b).

Além das injúrias diretas e indiretas à cultura provocados pela praga, devem ser levados em consideração os prejuízos de ordem socioeconômica como desemprego no campo devido a perdas na produção, resultando no incremento do êxodo rural. Neste contexto ainda se observam prejuízos, muitas vezes irreparáveis, sobre a saúde humana e o meio ambiente

devido à aplicação indiscriminada de inseticidas sintéticos utilizados no controle das populações da mosca-branca (Oliveira et al., 2001).

O controle químico é a ferramenta mais utilizada no manejo da mosca-branca, através de aplicações frequentes de inseticidas do grupo dos neonicotinóides, reguladores de crescimento (IGR) e juvenóides (Faria & Yokoyama, 2008; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009). Todavia, a eficiência de controle e facilidade de adoção do controle químico são colocadas em risco quando as aplicações são feitas sem a observação dos devidos procedimentos técnicos. Na prática, os inseticidas sintéticos são utilizados de forma abusiva, e na tentativa de compensar a queda de eficiência aumenta-se a dose e a frequência de aplicação misturando-se outros produtos, o que favorece o surgimento de resistência, ressurgimento de pragas e pode ocasionar a contaminação do meio ambiente, além da intoxicação de produtores e consumidores (Faria & Yokoyama, 2008; Czepak et al., 2009; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009).

Em diversas localidades, já foram relatados casos de resistência de *B. tabaci* aos principais grupos de inseticidas utilizados no seu controle destacando-se os organofosforados, piretróides, carbamatos, neonicotinóides, juvenóides e reguladores de crescimento (Palumbo et al., 2001; Horowitz et al., 2005; Nauen & Denholm, 2005; Gunning et al., 2007; Fernández et al., 2009; Silva et al., 2009). Silva et al. (2009) constataram problemas de resistência da praga aos neonicotinóides tiametoxam e imidacloprido nos Estados de Goiás e da Bahia.

A manutenção da eficiência do controle químico depende da sua correta utilização, o que se inicia pela escolha e rotação dos ingredientes ativos usados no controle e pertencentes a diferentes grupos químicos e modos de ação, pela adoção de tecnologia de aplicação adequada e de outras táticas de controle contempladas no manejo integrado de pragas, a fim de maximizar o potencial do controle químico, minimizando seus impactos sobre organismos não alvo (Lima & Lara, 2001). Portanto, há necessidade de se avaliar periodicamente a eficiência dos produtos mais utilizados para que se possa reorientar o controle químico de *B. tabaci*.

O alto potencial para seleção de populações resistentes de *B. tabaci* aos inseticidas, como uma consequência do uso intensivo do controle químico, tem estimulado a busca por táticas de controle alternativas do manejo integrado de pragas. Por isso, avanços significativos têm sido alcançados em relação à biologia, ecologia e dinâmica de populações desta praga, contribuindo para o desenvolvimento e a implementação de sistemas de manejo (Oliveira & Faria, 2000). A utilização de táticas alternativas que evitem ou reduzam o uso de inseticidas

sintéticos pode melhorar significativamente a sustentabilidade dos sistemas de produção que adotam o manejo integrado. Neste contexto, o emprego de óleos vegetais e minerais isoladamente ou em mistura com os inseticidas sintéticos, pode representar uma opção muito promissora, especialmente por oferecer uma solução prática, de baixo custo e longa duração para a manutenção de baixas populações de mosca-branca, reduzindo, portanto, as perdas na produção e o risco de evolução de resistência aos principais inseticidas empregados para o controle de *B. tabaci* (Oliveira & Faria, 2000; Faria & Oliveira, 2005).

Os óleos vegetais e minerais podem ser utilizados tanto no modelo de produção convencional quanto no de base agroecológica no manejo da mosca-branca (Oliveira & Faria, 2000; Faria & Oliveira, 2005). Os óleos vegetais são mais vantajosos em relação aos inseticidas sintéticos quando apresentam eficiência de controle semelhante; além disso, são menos suscetíveis em desencadear desenvolvimento de resistência por serem constituídos de vários ingredientes ativos com diversidade de modos de ação nos artrópodes (Isman, 2006; Moreira et al., 2007). Dentre as espécies vegetais que se caracterizam pela produção de óleos, destacam-se o nim *Azadirachta indica* A. Juss., a mamona *Ricinus communis* L., o gergelim *Sesamum indicum* L., plantas do gênero *Citrus*, entre outras. Estas espécies produzem substâncias oriundas do metabolismo primário que são extraídas de sementes ou de outras estruturas vegetais que possuem atividades inseticidas (Hebling-Beraldo et al., 1991; Pinkerton et al. 1999; Martinez, 2001; Mendonça et al., 2007; Ribeiro, 2010). Propriedades físicas e químicas de destilados de petróleo como o óleo mineral demonstram também bons resultados para o controle de insetos sugadores, por causar danos à película de cera encontrada na cutícula, podendo levar à morte por asfixia e desidratação (Rae et al., 1997).

Com relação ao controle alternativo da mosca-branca, a maioria das informações se restringe ao uso do óleo mineral e do óleo de sementes de nim e, na prática, tem-se verificado grande variabilidade na eficiência de controle e na fitotoxicidade dos produtos testados (Azevedo et al., 2005; Faria & Oliveira, 2005; Isman, 2006). Assim, tornam-se necessários estudos para se determinar a viabilidade do emprego de óleos de origem vegetal e mineral no controle da mosca-branca na cultura do tomateiro.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência de inseticidas sintéticos, óleos vegetais e mineral no controle de adultos de *B. tabaci* biótipo B (adultos) e, em consequência, dos begomovírus transmitidos por este inseto.

## PROBLEMÁTICA E RELEVÂNCIA

A cultura do tomateiro representa importante atividade financeira e social no Brasil, principalmente no Centro-Oeste, onde há cultivos de tomateiro estaqueado e tomateiro para processamento industrial. Um dos principais entraves à produção desta hortaliça são as pragas, com destaque para *B. tabaci* biótipo B em razão do grande impacto econômico que causa à cultura. Seu controle é usualmente realizado com aplicações sequenciais de inseticidas, muitas vezes sem o devido critério técnico de eficiência. Tal realidade, somada ao elevado polimorfismo e polifagia da mosca-branca contribui para o surgimento de populações resistentes aos inseticidas mais utilizados na cultura. Existe a hipótese de que a presença do vírus no inseto também contribui para a redução da suscetibilidade da mosca-branca aos inseticidas usados para o seu controle. Caso esta hipótese seja confirmada haverá a necessidade de reavaliar o controle químico da mosca-branca e o manejo da resistência, pois as recomendações de produto e dosagens não levam em consideração a presença do vírus no vetor.

Além do manejo com inseticidas sintéticos, faz-se necessário o desenvolvimento ferramentas alternativas de controle. A utilização de óleos vegetais vem sendo empregada com sucesso em outras culturas como auxiliares no combate às pragas. A avaliação da eficiência dos óleos vegetais no manejo da mosca-branca e sua interferência na transmissão viral são necessárias para o seu correto emprego. Além do grande potencial destes óleos no controle de insetos, eles possuem a vantagem de serem derivados de plantas já inseridas na agroindústria brasileira e passíveis de serem cultivadas pelos pequenos produtores rurais em suas propriedades (Isman, 2006; Moreira et al., 2007).

Para o adequado controle da praga no campo faz-se necessário conhecer a eficiência do método utilizado. Assim, serão avaliados óleos vegetais, inseticidas registrados para o controle da *B. tabaci* e suas misturas, com enfoque em possíveis interferências na transmissão viral primária e secundária de *Begomovirus*, já que este é o principal dano causado pelo inseto. Dentre os begomovírus presentes nas lavouras de tomate brasileiras, o *Tomato Severe rugose virus* (ToSRV) é o predominante, sendo capaz de reduzir em 60% a produção da lavoura (Giordano et al., 2005; Fernandes et al., 2008).

A disponibilização de cultivares de tomateiro resistentes à begomovírus incrementou o leque de medidas no combate deste complexo de pragas. Contudo, a efetividade da resistência de cultivares aos vírus e do controle químico do vetor é frequentemente questionada pelos

agricultores, já havendo relatos de quebra de resistência genética em campo. Assim é necessário avaliar a eficiência desses métodos de controle, quando adotados conjuntamente.

Os estudos sobre o controle químico de *B. tabaci* e conseqüente redução na transmissão de begomovírus contribuem nos aspectos financeiro, ecológico e social da cultura do tomateiro já que seus objetivos são os de alcançar maior eficiência no manejo da mosca-branca e de begomovírus através da correta seleção de inseticidas sintéticos (possibilitando redução nas aplicações), indicação adequada de óleos vegetais eficientes no seu controle e de misturas sinérgicas dos dois tipos de produtos.

## OBJETIVOS

- Determinar se a presença do vírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) afeta a suscetibilidade da *B. tabaci* biótipo B aos inseticidas sintéticos (Capítulo 1);
- Avaliar a eficiência de inseticidas, óleos vegetais e suas misturas na mortalidade de adultos de *B. tabaci* biótipo B, e na transmissão viral primária do inseto para a planta (Capítulo 2);
- Avaliar se a associação entre cultivar de tomate resistente aos begomovírus e inseticidas auxiliam no manejo da transmissão viral primária do inseto para a planta (Capítulo 3);
- Avaliar a eficiência da mistura de inseticidas com óleo mineral no controle da transmissão secundária de begomovírus ao tomateiro (Capítulo 4).

## REFERENCIAL TEÓRICO

### A CULTURA DO TOMATEIRO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. = *Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das principais olerícolas cultivadas no mundo. Tem seu centro de origem localizado na América do Sul, nas regiões andinas, sendo propagado pelas Américas através da ação de índios e colonizadores europeus (Jenking, 1948; Rick, 1967). Planta da família Solanaceae, possui habitat natural diversificado contribuindo para a variabilidade de espécies dentro do gênero *Solanum* seção *Lycopersicon* (Warnock, 1991; Peralta et al., 2005).

Sua produção teve forte expansão com o crescimento dos centros urbanos e desenvolvimento da indústria alimentícia, figurando como a segunda hortaliça mais consumida no mundo, com grande importância econômica e social por ser uma atividade geradora de muitos empregos (Aragão, 1998).

O Brasil está entre os 10 maiores produtores de tomate do mundo. No ano de 2012 a produção nacional foi de 3,6 milhões de toneladas em um total de 55,6 mil hectares. Esta cultura está presente em todo território nacional, mas a grande parte da sua produção é proveniente das regiões Sudeste e Centro-Oeste que representam 39,3% e 32,7% do montante da produção nacional, respectivamente. A produtividade média neste período foi de 65,6 mil kg/ha, com destaque para o Estado de Goiás que apresentou produtividade média de 97,8 mil kg/ha, respondendo por 31,7% da produção nacional (IBGE, 2013).

A incidência de pragas e doenças na lavoura estão entre os principais fatores que interferem na produtividade. O desenvolvimento destes organismos, tanto em lavouras destinadas ao consumo *in natura* quanto para processamento pela indústria, é favorecido pela possibilidade de cultivo do tomateiro durante todos os períodos do ano (Souza & Reis, 2003). Dentre as pragas da cultura do tomateiro, o complexo mosca-branca e begomovírus representa um grande desafio fitossanitário para as principais regiões produtoras desta hortaliça (Czepak et al., 2009). Os impactos negativos destes vírus na cadeia produtiva são tão significativos que o Estado de Goiás, principal produtor brasileiro, instituiu a prática do vazio sanitário para a cultura do tomateiro, com o intuito de reduzir a ocorrência de begomovirose, através da redução na fonte de inóculo do vírus e na população do vetor.

## A MOSCA-BRANCA *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B

Embora denominada de mosca-branca, este inseto não é uma mosca (isto é, não é um díptero) e não apresenta coloração branca. Trata-se na realidade de um inseto da ordem Hemiptera e da família Aleyrodidae. A espécie *B. tabaci*, é um inseto sugador de aproximadamente 1-2 mm de comprimento, corpo amarelado, asas membranosas recobertas por resíduos brancos, cujos adultos se dispersam por voos de curta distância e são transportadas em correntes de ar. Sua reprodução pode ser sexuada ou por partenogênese arrenótoca, ou seja, ovos não fecundados geram machos (Byrne et al., 1991). As fêmeas são capazes de ovipositar 150-200 ovos durante a sua vida (Lima & Lara, 2001). Após a eclosão dos ovos os insetos passam por quatro estádios ninfais até alcançar a fase adulta, sendo apenas o primeiro instar ninfal móvel. Em geral permanecem de 3-6 dias na fase de ovo, 12-15 dias como ninfas e 18 dias na fase adulta, porém a duração de cada período é variável de acordo com o hospedeiro e condições climáticas (Albergaria et al, 2003).

Estes insetos possuem aparelho bucal picador-sugador e se alimentam da seiva elaborada das plantas. Por serem altamente polípagos são considerados praga de diversas culturas agrícolas, destacando-se aquelas em que são vetores de vírus, como na cultura do feijoeiro, do meloeiro e do tomateiro (Simmons, 1999; Oliveira et al., 2001; Sauvion et al., 2005).

A denominação de biótipo surgiu na década de 50 para denominar populações morfologicamente indistinguíveis de *B. tabaci* que apresentavam diferenças biológicas significativas quanto a gama de hospedeiros, adaptabilidade à planta hospedeira e habilidade em transmitir vírus (Rosell et al. 1997; Brown 2000; Calvert et al. 2001). Com o tempo outras características foram adotadas na distinção dos biótipos de *B. tabaci* como o grau de fecundidade, variabilidade na eficiência de transmissão de diferentes vírus às plantas, habilidade de causar fitotoxemias e demais características obtidas através de ferramentas moleculares e fisiológicas (Brown, 2000). Já foram descritos pelo menos 41 biótipos da espécie *B. tabaci* (De Barro et al., 2005). Porém, desde a década de 90 questiona-se a atribuição de apenas um táxon à *B. tabaci* e sua classificação em biótipos (Perring, 2001). Recentemente foi proposto que a *B. tabaci* compreende 29 espécies morfologicamente indistintas distribuídas em 11 grupos bem definidos, onde a *Bemisia tabaci* biótipo B pertence ao grupo Oriente Médio – Ásia Menor 1 (Dinsdale et al., 2010; De Barro et al., 2011; Hu et al., 2011; Alemandri et al., 2012).

Na cultura do tomateiro a mosca-branca, *B. tabaci* biótipo B (Oriente Médio – Ásia Menor 1), provoca diversas injúrias incluindo o sequestro de fotoassimilados, fitotoxemia e

deposição de excreções na superfície vegetal permitindo a proliferação de fungos saprofitos que reduzem a área fotossinteticamente ativa da planta (Oliveira et al., 2001). Entretanto, a principal injúria provocada por este inseto é a transmissão dos begomovírus às plantas.

O manejo das populações de mosca-branca é dificultado em virtude da elevada taxa de crescimento apresentada pelo inseto, do rápido desenvolvimento de resistência aos inseticidas empregados para seu controle, do local relativamente protegido em que os indivíduos se alojam (face abaxial das folhas), bem como da ampla gama de hospedeiros ( $\pm$  500 espécies de plantas) atacados, incluindo culturas agrícolas, ornamentais, florestais e plantas daninhas (França et al., 1996; Oliveira et al., 2001; Fernandes et al., 2008; Barbosa et al., 2009, Barbosa et al., 2011).

## GEMINIVIROSE DO TOMATEIRO

A begomovirose do tomateiro é causada por um complexo de vírus do gênero *Begomovirus* pertencente à família *Geminiviridae* (Inoue-Nagata et al., 2004a; Fernandes et al., 2008). A família *Geminiviridae* possui grande importância agrícola por apresentar vírus que ocasionam severas perdas econômicas em diversas culturas. Os vírus desta família são morfológicamente distintos dos de outras famílias por possuírem partículas geminadas, semelhantes a dois icosaedros incompletos unidos pela aresta, medindo aproximadamente 18-30nm. São vírus de plantas que infectam monocotiledôneas e/ou dicotiledôneas, sendo transmitidos por insetos da ordem Hemiptera. Em sua organização genômica podem apresentar uma (monopartidos) ou duas (bipartidos) moléculas de DNA circular fita simples - ssDNA. A família *Geminiviridae* é dividida oficialmente em quatro gêneros de acordo com a organização genômica, ciclo de hospedeiros e inseto vetor: *Mastrevirus*, *Curtovirus*, *Topocuvirus* e *Begomovirus*. O gênero *Begomovirus* é considerado o mais importante economicamente (Lazarowitz, 1992; Fauquet et al, 2000; Gutierrez, 2002).

Os vírus do gênero *Mastrevirus* são monopartidos, transmitidos por cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) e, em sua maioria, infectam plantas monocotiledôneas. A espécie tipo deste gênero é o *Maize streak virus* – MSV que causa a doença de milho mais importante economicamente na região da África Subsaariana. As espécies deste gênero são divididas em grupo africano e grupo austral-asiático (Bosque-Perez, 2000; Fauquet et al, 2000; Brown et al., 2012).

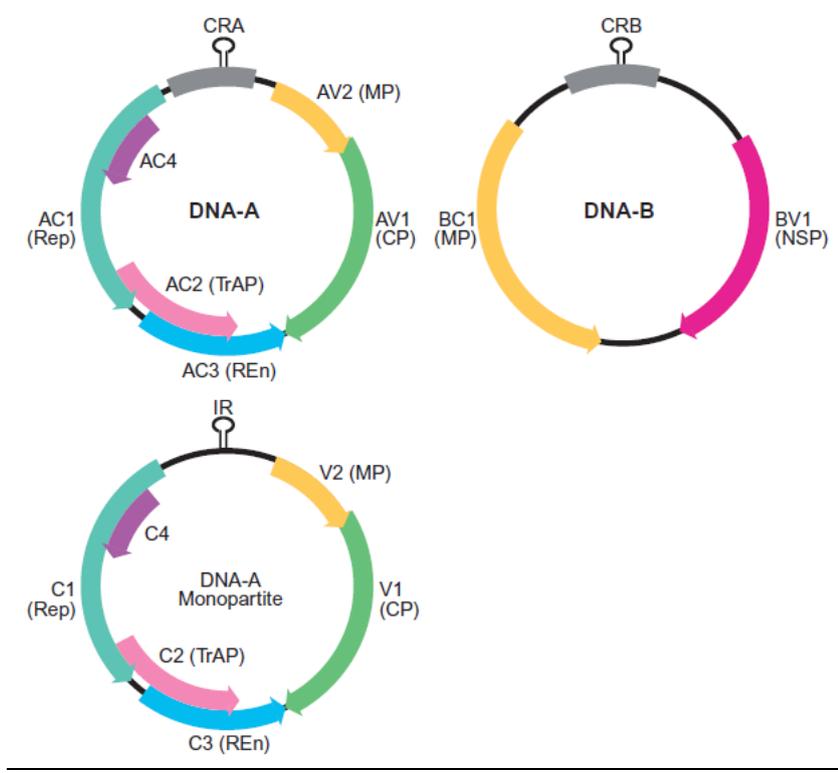
O gênero *Curtovirus* apresenta espécies de vírus monopartidos, transmitidos por cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) a plantas dicotiledôneas. Este gênero possui apenas três

espécies, sendo que a espécie tipo é o *Beet curly top virus* – BCTV (Fauquet et al, 2000; ICTV, 2011, Brown et.al., 2012).

Os vírus do gênero *Topocuvirus* são monopartidos, transmitidos por membracídeos (Hemiptera: Membracidae) a plantas dicotiledôneas. Este gênero possui características típicas tanto do gênero *Mastrevirus* quanto de *Begomovirus*, aparentando ser um recombinante natural. A espécie tipo deste gênero é o *Tomato pseudo-curly top virus* – TPCTV. (Briddon et al, 1996; Fauquet et al, 2000; Brown et. al., 2012).

O gênero *Begomovirus* apresenta 192 espécies de vírus com genoma monopartido ou bipartido, transmitidos por aleirodídeos (Hemiptera: Aleyrodidae) e que possuem como hospedeiros plantas dicotiledôneas. A espécie tipo deste gênero é o *Bean golden yellow mosaic virus* – BGYMV (Brown et. al., 2012).

Os vírus bipartidos são predominantes no gênero *Begomovirus* e seus componentes genômicos são divididos em DNA-A e DNA-B, cada um com aproximadamente 2500 a 2600 nucleotídeos, com baixa identidade entre eles, exceto pela região comum de aproximadamente 200 bases quase idênticas (Brown et. al., 2012).



**Figura 1.** Representação da organização genômica de vírus bipartidos (superior) e monopartidos (inferior) do gênero *Begomovirus*. O componente genômico dos vírus monopartidos é semelhante ao DNA-A dos bipartidos (Brown et al, 2012).

As proteínas necessárias para a replicação, transcrição e encapsidação são codificadas pelo DNA-A enquanto o DNA-B codifica proteínas relacionadas ao movimento do vírus na planta e desenvolvimento de sintomas (Rojas et al., 2005).

O DNA-A possui todos os itens necessários para a formação do vírion, porém necessita das proteínas codificadas pelo DNA-B para a adequada localização nuclear (BV1) e para haver infecção sistêmica (BC1). A molécula de DNA-A possui seis ORFs – “*Open Reading Frames*” que são regiões da fita de DNA entre códons de terminação, enquanto a molécula de DNA-B possui duas ORFs (Brown et al, 2012).

O DNA-A possui no sentido viral as ORFs AV1/V1 que codifica a proteína da capa proteica (CP) e a AV2/V2 responsável por codificar a proteína de movimento (MP). No sentido complementar há as ORFs AC1/C1 que codificam a proteína associada à replicação (Rep), AC2/C2 que codificam a proteína TrAP, AC3/C3 que codificam a proteína potencializadora da replicação (REn) e a C4 que codifica a proteína C4 (King et al, 2012).

O DNA-B possui no sentido viral a ORF BV1 que codifica a proteína NSP associada ao transporte intra celular, e no sentido complementar há a ORF BC1 que codifica a proteína de movimento (MP) (Brown et. al., 2012).

O aumento na incidência de begomovírus em tomateiro provavelmente foi desencadeado pela introdução do biótipo B de *B. tabaci* (anteriormente identificado como *Bemisia argentifolii*), no Brasil, sendo um vetor mais eficiente de begomovírus em relação ao biótipo A, que já existia no país (França et al., 1996; Oliveira et al., 2001). Estes vírus são capazes de infectar outras espécies de plantas, porém se acredita que o principal reservatório de vírus seja o tomateiro (plantas infectadas e tigueras na entressafra). Plantas daninhas, como joá-de-capote (*Nicandra physaloides*, Solanaceae), graxuma (*Sida* spp., Malvaceae) e amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*, Euphorbiaceae) também são fontes destes vírus (Inoue-Nagata et al., 2009; Barreto et al., 2013). Atualmente 17 espécies pertencentes ao gênero *Begomovirus* infectam a cultura do tomateiro no Brasil, com destaque para o *Tomato severe rugose virus* (ToSRV), *Tomato golden vein virus* (TGVV) e o *Tomato mottle leaf curl virus* (TMoLCV), devido a sua predominância nas lavouras (Fernandes et al., 2008).

A dispersão dos begomovírus ou a sua introdução em lavoura de tomateiro dá-se exclusivamente pela ação da mosca-branca a partir de plantas infectadas, e conforme a idade da planta no momento da infecção, a doença pode levar à perda total da produção (Giordano et al., 2005; Jones, 2003). Dessa forma, a detecção viral e o controle populacional do vetor

são ferramentas fundamentais no manejo de begomovírus em tomateiro (Fernandes et al., 2008; Inoue-Nagata et al., 2009).

Vários são os sintomas causados pelos begomovírus, sendo que a infecção, em geral, inicia-se com um pronunciado clareamento de nervuras. Este sintoma nem sempre pode ser observado, porém é característico. Níveis variados de manchas cloróticas nas folhas são vistas na forma de mosqueado e mosaico, e muito frequentemente se observa intenso mosaico amarelo. Pode haver rugosidade, deformação, enrolamento foliar e diminuição da área foliar. Em infecções precoces, a planta paralisa o crescimento ou tem o seu desenvolvimento severamente afetado. Em infecções tardias, a planta pode crescer e produzir quase como uma planta sadia (Inoue-Nagata et al., 2009).

A detecção viral normalmente é feita por técnicas de biologia molecular sendo a reação de polimerase em cadeia (“polymerase chain reaction” – PCR) uma das mais utilizadas por ser mais sensível. O PCR é uma técnica que permite a amplificação do DNA para identificação do grupo, extraindo o DNA total da planta infectada e amplificando uma parte específica do DNA do vírus com o uso de oligonucleotídeos e da enzima polimerase termorresistente em termociclador de alta precisão (Inoue-Nagata et al., 2009). Assim, é muito importante que o manejo da virose seja feita desde o início do cultivo (Faria & Yokoyama, 2008; Inoue-Nagata et al., 2009; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009).

O controle da begomovirose do tomateiro é realizado através do uso de cultivares resistentes, eliminação de hospedeiros alternativos, vazio sanitário, plantio em épocas menos propícias aos vetores e controle populacional do vetor. A utilização de cultivares resistentes/tolerantes à begomovirose como BRS Sena, BRS Couto, BRS Fontana, BRS Imigrante, BRS Nagai, BRS Portinari (EMBRAPA); Tarantely, Zurich, Minotauro (Nunhems® - Bayer CropScience); Carina Ty, Gisele, Ivety, Libertador, Monalisa, Tyna (Sakata®), vem sendo cada vez mais frequente devido à dificuldade de controle da população do vetor e à existência de fontes do vírus em plantas nativas, invasoras e tiguerras. Atualmente há várias fontes de resistência/tolerância que possibilitam a utilização de estratégias de melhoramento como “piramidização” de diferentes genes de resistência frente à grande diversidade de *Begomovirus* que infectam tomateiro a campo. Os genes de resistência identificados para a utilização nos programas de melhoramento de tomate para begomovirose são o Ty-1, Ty-2, Ty-3, Ty-4, Ty-5, tcm-1 e tm-1 (Zakay et al., 1991; Zamir et al., 1994; Pietersen & Smith, 2002; Giordano et al., 2005; Hanson et al., 2006; Ji & Scott, 2006; Bian et al., 2007; Ji et al., 2007; Anbinder et al., 2009; Hutton et al., 2012).

Embora exista à disposição do agricultor cultivares de tomateiro tolerantes à begomovirose, o manejo do vetor através do controle químico continua sendo uma importante medida de manejo desta doença, pois podem ocorrer perdas de produtividade significativas, quando há grande pressão de inóculo de begomovírus. Além disso a eliminação de vetores reduz a chance da ocorrência de eventos de recombinação viral, e conseqüentemente o surgimento de vírus mais agressivos e capazes de transpor os mecanismos de resistências dos genes utilizados nos programas de melhoramento do tomateiro.

#### INTER-RELAÇÃO E INTERAÇÕES ENTRE *B. tabaci*, BEGOMOVÍRUS E TOMATEIRO

A mosca-branca se torna transmissora de begomovírus tanto na fase jovem (ninfá) como na fase adulta, adquirindo o vírus pela alimentação em tomateiros ou em plantas da vegetação espontânea infectadas (Freitas, 2012; Santos et. al., 2003). Há também a possibilidade de aquisição de determinados begomovírus através do acasalamento (Ghanim & Czosnek, 2000; Ghanim et al., 2007) e ainda de transmiti-los à progênie de maneira transovariana (Ghanim et al., 1998; Bosco et al., 2004). Porém, essas formas de aquisição viral possuem pouca relevância epidemiológica, pois tais insetos apresentarem baixa ou nenhuma eficiência de transmissão dos begomovírus para plantas (Wang et al., 2010), não havendo trabalhos publicados que estudem esses tipos de aquisição viral para begomovírus de ocorrência no Brasil.

A inter-relação entre os begomovírus e as moscas-brancas é do tipo circulativa não propagativa (Rubinstein & Czosnek, 1997). As partículas virais circulam no corpo do vetor passando pelos sistemas digestivo e circulatório, até chegar às glândulas salivares, de onde são liberadas, juntamente com a saliva, no processo de alimentação. Estes vírus persistem por toda a vida do inseto em seu corpo embora não haja replicação (Jones, 2003).

A mosca-branca necessita de um período mínimo necessário para adquirir o vírus da planta infectada denominado período de acesso de aquisição (PAA). O período mínimo necessário para o vírus circular no vetor e poder ser transmitido na alimentação subsequente é o período de latência (PL). Para transmitir o vírus a uma planta sadia o vetor precisa de um tempo mínimo de alimentação denominado período de acesso de inoculação (PAI) (Rubinstein & Czosnek, 1997).

O tempo exato de cada período varia de acordo com o vetor, vírus e planta. Para *B. tabaci* biótipo B transmitindo ToSRV ao tomateiro pode-se admitir, resumidamente, que o

inseto poderá adquirir o begomovírus em pelo menos cinco minutos de PAA e, após 16 horas (PL), o inseto poderá transmiti-lo quando ficar em contato com a planta sadia por pelo menos cinco minutos (PAI) (Santos et al., 2003; Freitas, 2012).

A eficiência de transmissão é crescente à medida que se aumenta cada um desses períodos, isto é, PAA e PAI de cinco minutos proporcionam eficiência de transmissão de 10% enquanto o período de 24h as eleva para 75% (Freitas, 2012). Santos et al. (2003) detectaram eficiência de transmissão de 3,4 % para um PL de 16 horas e eficiência de 25% para um PL de 40 horas.

Ao adquirir o vírus Uma única mosca-branca adulta virulífera poderá ser suficiente para infectar várias plantas ao longo de sua vida, cuja longevidade pode chegar a 25 dias. Uma baixa população dessa praga pode facilmente causar uma epidemia com 100% de incidência de vírus (Inoue-Nagata et al., 2009). Caso a densidade populacional seja elevada os riscos são ainda maiores, pois a eficiência de transmissão aumenta com o incremento no número de moscas-brancas virulíferas se alimentando das plantas. Chatterjee et al. (2008) encontraram uma relação diretamente proporcional entre a eficiência de transmissão viral e o número de moscas-brancas por planta de *Hibiscus cannabinus* na Índia. Romay et al. (2010), estudando as interações entre o *Tomato Venezuela virus* (ToVEV) e *B. tabaci* biótipo B com o tomateiro, detectaram que a densidade de um adulto por planta apresentou eficiência de transmissão de 21,7 %. A elevação na densidade para 10 adultos por planta aumentou a eficiência de transmissão para 67,9% e com 20 adultos por planta houve 95,0% de eficiência de transmissão.

As interações entre vírus, vetor e planta são complexas e muitos dos mecanismos que a regem são ainda desconhecidos ou mal compreendidos. Os vírus podem interferir no *fitness* do vetor atuando diretamente no seu organismo ou indiretamente através de modificações na morfologia e fisiologia da planta hospedeira, favorecendo ou não a alimentação e a colonização do inseto.

Os efeitos diretos referem-se às modificações que ocorrem na fisiologia do inseto induzidas pela presença do vírus (Rubinstein & Czosnek, 1997; Czosnek & Guanin, 2012). Os efeitos indiretos são decorrentes da ação do fitopatógeno na planta hospedeira, com mudanças em suas defesas, morfologia e condição nutricional. Metodologicamente, a pesquisa destinada a investigar os efeitos diretos do vírus no vetor se caracteriza pela transferência do inseto para outra planta ou fonte alimentar (geralmente uma planta não hospedeira do vírus) após o período de aquisição em planta infectada, permitindo avaliar

apenas as alterações que o vírus provoca no vetor. Enquanto no caso dos efeitos indiretos, avalia-se o desempenho do vetor na planta doente. Nesta abordagem, além das alterações do vírus no vetor consideram-se as possíveis vantagens do vetor colonizar uma planta infectada.

Em ambos os casos são relatadas alterações no desempenho do vetor incluindo aquelas relativas à longevidade, fecundidade, comportamento, gasto energético na destoxificação alimentar, condição nutricional, dentre outras. Tais alterações podem ser favoráveis (McKenzie 2002; McKenzie et al., 2002; Guo et al, 2010), desfavoráveis (Rubinstein & Czosnek, 1997; Polston & Toapanta, 2008) ou indiferentes (Lapidot, 2001; Mann, 2008; Liu et al, 2009), variando conforme a espécie de vírus, planta hospedeira em questão, espécie e biótipo do vetor.

Rubinstein & Czosnek (1997) utilizando metodologia própria para avaliação de impactos diretos, encontraram redução de 17 a 23% no tempo médio de vida de *B. tabaci* biótipo B infectadas com *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) e redução na fecundidade de 40 a 50%. Diante dos resultados apresentados os autores sugerem que a passagem do begomovírus TYLCV no vetor não é neutra. Ao contrário, tal vírus têm características de entomopatógeno: seu DNA é encontrado no organismo do inseto durante toda sua vida, reduzindo o tempo de vida do inseto e alterando negativamente na sua fecundidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Sidhu et al. (2009), onde o fitopatógeno *Cotton leaf curl virus* - CLCuV reduziu a longevidade em aproximadamente 2 dias e a fecundidade da *B. tabaci* de 39,57 para 35,80 ovos.

Jiu et al. (2007), avaliando o efeito direto dos vírus *Tomato yellow leaf curl China virus* – TYLCCNV e *Tobacco curly shoot virus* – TbCSV nos biótipos B e ZHJ1 de *B. tabaci*, encontraram dados discrepantes para a longevidade e fecundidade dos dois biótipos infectados com TYLCCNV ou TbCSV. O biótipo B alimentado em planta infectada com TYLCCNV apresentou redução da longevidade e fecundidade de 40% e 35%, respectivamente, enquanto que, quando alimentado em planta infectada com o TbCSV apresentou aumento da longevidade e fecundidade da ordem de 9% e 36,9%, respectivamente. O biótipo ZHJ1 também teve sua longevidade e fecundidade reduzidas quando alimentado em planta infectada com TYLCCNV, em 41% e 33% respectivamente, enquanto que quando alimentado em planta infectada com TbCSV não apresentou diferença significativa.

McKenzie (2002) observou aumento na fecundidade em 66% para *B. tabaci* biótipo B infectado com *Tomato mottle virus* (ToMoV) e diferença não significativa para o número de adultos vivos após 48 horas do PAA.

Em muitas das interações entre begomovírus e a mosca-branca, o vírus apresenta características de entomopatógeno (Rubinstein & Czosnek, 1997). Para Czosnek & Guanin (2012) a família *Geminiviridae* pode constituir uma família de vírus de plantas que está em processo de aquisição ou perda de habilidades para interagir ativamente com seu inseto vetor, podendo sugerir reminiscências de uma relação patógeno-hospedeiro. Uma interação ativa de grau avançado implica na replicação do begomovírus no vetor. Este ponto ainda é controverso, mas é conhecido que alguns begomovírus são capazes de invadir o sistema reprodutor (Esbrock et al. 1995; Bosco et al 2004; Wang et al. 2010) e afetar parâmetros vitais do inseto (Rubinstein & Czosnek, 1997, Jiu et al. 2007; Matsuura & Hoshino, 2009). Esbrock et al. (1995) reportaram que a presença do *Squash leaf curl virus* - SqLCV no vetor resultou em grandes anormalidades estruturais no sistema reprodutivo, digestório e excretor do inseto.

Em muitos casos a presença do vírus provoca danos ao organismo do inseto. Em contrapartida, a presença do vírus na planta muitas vezes favorece o vetor. As alterações na planta provocadas pelos vírus estão diretamente relacionadas ao conteúdo químico do floema e à supressão de defesas contra herbivoria (Belliere et al., 2005; Stout et al., 2006). Em plantas de algodoeiro infectadas pelo vírus *Cotton leaf curl virus* - CLCuV foi demonstrado aumento nos níveis de atividade da peroxidase, fenóis, carotenoides, proteínas, açúcares totais, teor de clorofila, teor de óleo, enzima lipase e redução nos níveis dos íons  $Ca^{+2}$  e  $K^{+}$  (Kaur et al. 1998; Kang et al. 2003; Ashraf et al. 2004). Observou-se que o aumento do teor de açúcares totais e a redução nos teores do íon  $K^{+}$  em folhas de algodoeiro atraíram maior número de adultos de *B. tabaci* (Dominick & Sundaram 1992; Abdullah & Singh 2004).

Este fato pode explicar os casos onde há melhor desempenho das moscas-brancas crescendo em plantas infectadas. Indivíduos adultos de *B. tabaci* biótipo B transferidos para plantas infectadas com *Tobacco curly shoot virus* - TbCSV ou *Tomato yellow leaf curl China virus* -TYLCCNV apresentaram incremento na longevidade em duas e três vezes respectivamente, assim como a fecundidade dobrou quando infectadas com algum desses vírus (Jiu et al., 2007). Quando indivíduos de *B. tabaci* biótipo B foram criados desde a fase de ovo em plantas de tabaco infectadas com TYLCCNV o incremento populacional foi de 13 vezes, devido a uma longevidade sete vezes maior e fecundidade dezessete vezes maior quando comparado à testemunha (Jiu et al., 2007).

## CONTROLE DA MOSCA-BRANCA E DA BEGOMOVIROSE

O manejo efetivo da mosca-branca e da geminivirose não é uma tarefa fácil. O problema é agravado pela ocorrência de altas populações de mosca-branca, que se multiplicam em culturas como soja, algodoeiro e feijoeiro; pelo abandono de plantios e pela permanência de tiguerras de tomateiro, soja e feijoeiro nas áreas ao longo do ano; pelo controle químico inadequado da mosca-branca; pela seleção de populações resistentes dessa praga aos inseticidas utilizados rotineiramente (perda da eficiência dos produtos) e, finalmente, pela falta de agilidade na eliminação de restos culturais que perpetuam a presença do vetor e de fontes de inóculo de begomovírus em escala de microrregião (Faria & Yokoyama, 2008; Inoue-Nagata et al., 2009; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009).

As estratégias para o controle dos begomovírus devem ser preventivas, considerando que não há medidas curativas para o controle de viroses. Portanto, deve-se preconizar a adoção de várias medidas simultâneas, sendo todas igualmente importantes, dentre elas, o uso de calendário de plantio e de vazio sanitário regional para a cultura; a manipulação do ambiente de cultivo, a destruição de hospedeiros, tanto do inseto como do vírus, o uso de cultivares resistentes (ao inseto e/ou ao vírus), a indução de resistência na planta, o emprego de formas estáveis de controle biológico, o uso de produtos alternativos (biorracionais) e, em último caso, o controle químico, empregado como método curativo de controle da praga, mediante amostragem e adoção de níveis de controle, com enfoque especial no manejo de resistência do inseto aos inseticidas (Lima & Lara, 2001; Lourenção, 2002; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009).

Portanto, o grande desafio é o desenvolvimento de programas de manejo de *B. tabaci* que possam ser implementados nos diferentes polos agrícolas brasileiros. Para isso, são necessários estudos da ecologia desse inseto nos sistemas de produção e em ambientes adjacentes, cujas informações servirão de base para o desenvolvimento de táticas de controle que visem evitar ao máximo a presença do inseto ou retardar a sua colonização nos cultivos, especialmente no caso de alta incidência regional de begomovirose do tomateiro (Inoue-Nagata et al., 2009; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009).

## CONTROLE QUÍMICO

Atualmente há 34 produtos comerciais indicados no Brasil para o controle da *B. tabaci* biótipo B na cultura do tomateiro, os quais pertencem aos grupos químicos dos cetoenóis,

feniltiuréias, neonicotinóides, organofosforados, piretróides, piridinas azomectinas e tiadiazonas (BRASIL, 2013).

O manejo da mosca-branca na cultura do tomateiro é efetuado essencialmente com aplicações frequentes de inseticidas pertencentes às classes (grupos químicos) dos neonicotinóides, reguladores de crescimento (IGR) e juvenóides (Faria & Yokoyama, 2008; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009). Os tratamentos químicos são, na maioria dos casos, de caráter preventivo e/ou curativo, não se baseando em critérios populacionais do inseto. De forma geral, inseticidas de largo espectro de ação são utilizados, sem levar em consideração os impactos gerados pelo uso exclusivo de controle químico, já que em muitos casos, são necessárias várias aplicações dos produtos, resultando em uso excessivo (Villas Bôas, 1997; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009).

O controle químico de *B. tabaci* na região Centro-Oeste é altamente dificultado pela manutenção de elevada população desta praga em razão das condições climáticas favoráveis e da existência de diversas culturas hospedeiras durante todo o ano (cultivos extensivos de soja e algodoeiro no período chuvoso; cultivos escalonados de feijoeiro, tomateiro e demais hortaliças ao longo do ano), sendo na maioria das vezes cultivadas em áreas próximas aos plantios de tomateiro e feijoeiro (Faria & Yokoyama, 2008; Villas Bôas & Castelo Branco, 2009).

Outra falha no uso desta tática de controle consiste na aplicação de inseticidas com modo de ação nem sempre adequados para a prevenção da infecção das begomoviroses e o controle do progresso da doença (Castle et al., 2009). No estabelecimento de uma lavoura de tomateiro ou feijoeiro, com probabilidade de ser infestada pela mosca-branca proveniente de outras culturas em fase de colheita (ex. soja, algodoeiro), o tratamento de mudas e pulverizações sequenciais com inseticidas para controle de adultos (neonicotinóides) têm sido muito utilizados como medidas preventivas. As aplicações visando somente o controle de adultos têm resultado em pulverizações sequenciais prolongadas, com elevação nos custos de produção, sem o efeito desejado de controle do vetor (Faria & Yokoyama, 2008; Czepak et al., 2009). Por outro lado, a aplicação de inseticidas com ação sobre ovos e ninfas, se manejados adequadamente, proporcionariam efeito positivo na quebra do ciclo da praga na lavoura e ainda contribuiriam para reduzir a infecção secundária da begomovirose.

Em geral, o controle químico do inseto vetor mostra-se pouco eficiente em reduzir a transmissão primária, isto é, de plantas infectadas de fora do cultivo para tomateiros recém-transplantados, via voo dispersivo de adultos virulíferos da mosca-branca. Maior eficiência de

controle pode ser alcançada com o uso apropriado dos inseticidas visando a redução da transmissão secundária, ou seja, entre plantas dentro do cultivo, tendo como alvo tanto a fase jovem (ninfas) como a fase adulta da mosca-branca. Para infestações iniciais, quando apenas moscas-brancas adultas forem encontradas na plantação, há a recomendação de uso de inseticidas que interfiram na alimentação (piridina azometina) e causem mortalidade significativa nos adultos (neonicotinóides, piretróides e fosforados). Quando também forem encontrados ovos e ninfas de *B. tabaci* nas folhas do tomateiro, além do inseticida adulticida, deve-se pulverizar produtos que atuem sobre estas fases da vida do inseto (inibidores da síntese de quitina, juvenóides, dentre outros) (Faria & Yokoyama, 2008; Czepak et al., 2009).

Além do uso inadequado dos inseticidas sintéticos para controle do inseto vetor, o manejo da mosca-branca pode se agravar, nos próximos anos, pelo surgimento de populações resistentes aos principais princípios ativos utilizados na região Centro-Oeste. Pesquisas realizadas em diversos países, inclusive no Brasil, têm comprovado a evolução da resistência de *B. tabaci* aos principais grupos químicos de inseticidas, que vão desde os organofosforados, piretróides, carbamatos, neonicotinóides, reguladores de crescimento e juvenóides, até a própria resistência às suas combinações (Palumbo et al., 2001; Horowitz et al., 2005; Nauen & Denholm, 2005; Gunning et al., 2007; Fernández, et al., 2009; Silva et al., 2009). Casos de resistência cruzada dentro da classe dos neonicotinóides e dos reguladores de crescimento também já foram previamente registrados (Palumbo et al., 2001; Gunning et al., 2007). No Brasil, Silva et al. (2009) constataram variabilidade genética entre as populações de *B. tabaci* provenientes de diferentes regiões agrícolas quanto à suscetibilidade aos inseticidas acetamiprido, imidacloprido, tiametoxam, clorpirifós e endosulfam. Para os inseticidas testados, o problema de resistência de *B. tabaci* foi maior para tiametoxam, seguido por imidacloprido, com possível resistência cruzada entre eles, principalmente em populações oriundas do Estado de Goiás.

## ÓLEOS VEGETAIS E MINERAL

Outras táticas de controle da mosca-branca vêm sendo estudadas como alternativas aos inseticidas sintéticos, nas quais se inclui o uso de produtos biorracionais como os óleos vegetais e mineral (Oliveira & Faria, 2000; Faria & Oliveira, 2005). Estes produtos poderiam ser empregados no controle de *B. tabaci* na agricultura convencional, principalmente em programas de manejo da resistência aos pesticidas e quando a incidência de begomovirose nos tomateiros não for tão alta. Adicionalmente, os óleos vegetais podem ser utilizados em

modelos de agricultura de base ecológica e, portanto, representam uma opção para o controle dessa praga durante a fase de transição agroecológica.

Os óleos (vegetal e mineral) podem ser utilizados isoladamente, tanto no controle de diferentes pragas, quanto como adjuvantes adicionados às caldas de pulverizações (Mendonça et al., 2007). Devido à possibilidade de serem misturados e pulverizados conjuntamente com fungicidas, inseticidas, acaricidas e nutrientes, podem propiciar redução nos custos de aplicação (Liu & Stansly, 1995). Estes produtos biorracionais podem ser vantajosos em relação aos inseticidas sintéticos, pois são constituídos por vários princípios ativos que podem ocasionar a morte dos insetos, bem como causar repelência, deterrência alimentar e de oviposição, esterilização, bloqueio do metabolismo e interferência no desenvolvimento. Podem ainda causar a morte dos insetos por asfixia e aprisionamento (Isman, 2006; Moreira et al., 2007). Estes atributos propiciam menor chance de seleção de indivíduos resistentes a tais produtos (Silva et al., 2009). Entretanto, os óleos em altas concentrações na calda de pulverização (>0,5% v/v) podem causar toxicidade às hortaliças, sendo necessários ajustes na dosagem conforme a espécie cultivada e o clima da região. Alguns cuidados devem ser tomados na utilização de óleos no controle de pragas, seja quando presentes em mistura ou sozinhos na calda de pulverização. Entre os cuidados, pode-se generalizar: doses compatíveis com o estágio fenológico da planta; adequabilidade da dosagem à variedade pulverizada; compatibilidade entre os produtos, quando em mistura; ajuste entre doses e épocas do ano (quentes/frias ou secas/úmidas); observar as características e qualidade do óleo e a adição de emulsificantes. Esses cuidados são necessários para evitar eventuais efeitos fitotóxicos ocasionados pelo emprego dos óleos e devem ser adequados a cada situação particular (Robinson, 2000; Fenigstein et al., 2001). Segundo Rodrigues & Childers (2002), é preferível utilizar concentrações que não ultrapassem 1% do produto na calda inseticida para evitar reações fitotóxicas na superfície vegetal.

Os óleos vegetais expostos ao ambiente tendem a diminuir seu teor de líquidos ficando menos viscosos. A maior ou menor tendência de não ter suas características modificadas pelo meio, notadamente a perda de água, permite classificar os óleos em secantes, semi-secantes e não-secantes. Isto pode gerar um desempenho diferencial dos produtos na eficiência de controle das pragas (Neto & Bleicher, 2003)

Na mosca-branca, os óleos afetam o metabolismo e a respiração, além dos seus efeitos de repelência e modificações morfológicas na planta que desfavorecem o inseto. De forma geral,

interfere também na oviposição e no desenvolvimento dos estádios ninfais, principalmente o primeiro instar em que impede a alimentação na superfície tratada (Oliveira & Faria, 2000).

O óleo de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.; família Meliaceae) possui diversos compostos, muitos ainda não identificados. A azadiractina, é o principal composto do qual se atribui seus efeitos de repelência, deterrência alimentar, interrupção no crescimento, interferência na metamorfose, esterilidade e anormalidades anatômicas (Schmutterer, 1990; Mordue & Nisbet, 2000; Martinez & Emden, 2001).

Outros óleos vegetais promissores contra insetos pragas por possuírem componentes químicos com atividade inseticida são os extraídos de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L., Pedaliaceae), de sementes de mamoneira (*Ricinus communis* L., Euphorbiaceae) e de plantas (casca e sementes) do gênero *Citrus* (Rutaceae). Estas plantas são exploradas na agroindústria brasileira e passíveis de serem cultivadas pelos pequenos produtores rurais em suas propriedades (Menezes, 2005; Isman, 2006; Moreira et al., 2007; Ribeiro, 2010).

O óleo mineral apresenta em sua composição hidrocarbonetos alifáticos derivados do petróleo. Atua como adjuvante dos agrotóxicos permitindo melhor espalhamento das gotas, velocidade na absorção, redução nos efeitos de lavagem da chuva e degradação pela luz e redução da tensão superficial da calda promovendo melhor eficiência dos agrotóxicos. Além disso, possui efeito inseticida contra adultos e ninfas (Liu & Stansly, 1995; Liu & Stansly, 2000) que se dá principalmente por asfixia e intoxicação (Grossman, 1990; Rodrigues & Childers, 2002).

No controle alternativo de moscas-brancas a maioria das informações disponíveis se referem à utilização de óleo de nim, sendo que há variabilidade de resultados quanto a eficiência e viabilidade de uso, além da possibilidade de toxicidade ao tomateiro em razão da concentração utilizada na calda de pulverização e das condições climáticas em que a pulverização é realizada (Azevedo et al., 2005; ; Faria & Oliveira, 2005; Isman, 2006).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, N. M. M.; SINGH, J. Biology of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) on cotton under Punjab conditions. **Pest Management and Economic Zoology**, v. 12, p. 1-6, 2004.

ALBERGARIA, N. M. M. S.; CIVIDANES, F. J.; DÓRIA, H. O. S. Tabela de vida ecológica de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 559-563, 2003.

ALEMANDRI, V.; DE BARRO, P.; BEJERMAN, N.; ARGÜELLO-CARO, E. B.; DUMÓN, A. D.; MATTIO, M. F.; RODRIGUEZ, S. M.; TRUOL, G. Species within the *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) complex in soybean and bean crops in Argentina. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 48-53, 2012.

ANBINDER, I.; REUVENI, M.; AZARI, R.; PARAN, I.; NAHON, S.; SHLOMO, H.; CHEN, L.; LAPIDOT, M.; LEVIN, I. Molecular dissection of *Tomato leaf curl virus* resistance in tomato line ty172 derived from *Solanum peruvianum*. **Tag Theoretical and Applied Genetics**, v. 119, p. 519-530, 2009.

ARAGÃO, C. A. **Tricomas foliares associados à resistência ao ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch em linhagens de tomateiro com alto teor de 2 -tridecanona no folíolos.** 1998. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 1998.

ASHRAF, M. Y.; MAHMOOD, S.; SARWAR, G.; ASHRAF, M.; NAEEM, M.; ZAFAR, S. Physiological and biochemical changes in resistant and susceptible to *Cotton leaf curl virus* (CLCuV) cotton varieties at germination and early seedling stages: changes in lipase, oil content, protein and soluble sugars. **International Journal of Biology and Biotechnology**, v. 1, p. 217-222, 2004.

AZEVEDO, F. R.; GUIMARÃES, J. A.; BRAGA SOBRINHO, R.; LIMA, M. A. A. Eficiência de produtos naturais para o controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em meloeiro. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 72, p. 73-79, 2005.

BARBOSA, J. C.; BARRETO, S. D.; INOUE-NAGATA, A. K.; REZENDE, J. A. M. Characterization and experimental host range of a Brazilian tomato isolate of *Tomato severe rugose virus*. **Journal of Phytopathology**, v. 159, p. 644-646, 2011.

\_\_\_\_\_; BARRETO, S. S.; INOUE-NAGATA, A. K.; REIS, M. S.; FIRMINO, A. C.; BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J. A. M. Natural infection of *Nicandra physaloides* by *Tomato severe rugose virus* in Brazil. **Journal of General Plant Pathology**, v. 75, p. 440-443, 2009.

BARRETO, S. S.; HALLWASS, M.; AQUINO, O. M.; INOUE-NAGATA, A. K. A study of weeds as potential inoculum sources for a tomato-infecting begomovirus in central Brazil. **Phytopathology**, v. 103, p. 436-444, 2013.

BELLIURE, B.; JANSSEN, A.; MARIS, P. C.; PETERS, D.; SABELIS, M. W. Herbivore arthropods benefit from vectoring plant viruses. **Ecological Letters**, v. 8, p. 70-79, 2005.

BELLOTTI, A. C.; ARIAS, B. Host plant resistance to whiteflies with emphasis on cassava as a case study. **Crop Protection**, v. 20, n. 9, p. 813-823, 2001.

BIAN, X.-Y.; THOMAS, M. R.; RASHEED, M. S.; SAEED, M.; HANSON, P.; DE BARRO, P. J.; REZAIAN, M. A. A recessive allele (*tgr-1*) conditioning tomato resistance to geminivirus infection is associated with impaired viral movement. **Phytopathology**, v. 97, p. 930-937, 2007.

BOSCO, D.; MASON, G.; ACCOTTO, G. P. TYLCSV DNA, but not infectivity, can be transovarially inherited by the progeny of the whitefly vector *Bemisia tabaci* (Gennadius). **Virology**, v. 323, p. 276-283, 2004.

BOSQUE-PEREZ, N. A. Eight decades of maize streak virus research. **Virus Research**, v. 71, p. 107, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT**. 2013. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 08 out. 2013.

BRIDDON, R. W.; BEDFORD, I. D.; TSAI, J. H.; MARKHAM, P. G. Analysis of the nucleotide sequence of the treehopper-transmitted geminivirus, *Tomato pseudocurly top virus*, suggests a recombinant origin. **Virology**, v. 219, p. 387-394, 1996.

BROWN, J. K.; IDRIS, A. M.; OLSEN, M. W.; MILLER, M. E.; ISAKEIT, T.; ANCISO, J. *Curcubit leaf curl virus*, a new whitefly transmitted geminivirus in Arizona, Texas, and Mexico. **Plant Disease**, v. 84, p. 809, 2000.

\_\_\_\_\_; FAUQUET, C. M.; BRIDDON, R. W.; ZERBINI, M.; MORIONES, E.; NAVAS-CASTILLO, J. Family *Geminiviridae*. In: KING, A. M. Q.; ADAMS, M. J.; CARSTENS, E. B.; LEFKOWITZ, E. J. (Eds.). **Virus Taxonomy – Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses**. International Union of Microbiological Societies – Virology Division. Elsevier, 2012. 1462p.

BYRNE, D. N.; BELLOWS JUNIOR, T. S. Whitefly biology. **Annual Review Entomology**, v. 36, p. 431-457, 1991.

CALVERT, L. A.; CUERVO, M.; ARROYAVE, J. A.; CONSTANTINO, L. M.; BELLOTTI, A.; FROHLICH, D. Morphological and mitochondrial DNA marker analyses of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) colonizing cassava and beans in Colombia. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 94, p. 512-519, 2001.

CASTLE, S. J.; PALUMBO, J. C.; PRABHAKER, N. Newer insecticides for plant virus disease management. **Virus Research**, v. 141, p. 131-139, 2009.

CHATTERJEE, A.; ROY, A.; GHOSH, S. K. Acquisition, transmission and host range of a begomovirus associated with yellow vein mosaic disease of mesta (*Hibiscus cannabinus* and *Hibiscus sabdariffa*). **Australasian Plant Pathology**, v. 37, p. 511-519, 2008.

CZEPAC, C.; BORGES, J. D.; TEIXEIRA, L. P.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHO, M. M.; OLIVEIRA, T. C.; NAKATANI, J. K.; SANTANA, H. G. Lucros perfurados: vigilância constante. **Pragas - Caderno Técnico (Cultivar HF)**, v. 58, p. 3-7, 2009.

CZOSNEK, H.; GHANIM, M. Back to Basics: Are begomoviruses whitefly pathogens? **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, p. 225-234, 2012.

DE BARRO, P. J.; LIU, S.; BOYKIN, L. M.; DINSDALE, A. B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, v. 56, p. 1-19, 2011.

\_\_\_\_\_; TRUEMAN, J. W. H.; FROHLICH, D. R. *Bemisia argentifolii* is a race of *B. tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae): the molecular genetic differentiation of *B. tabaci* populations around the world. **Bulletin of Entomological Research**, v. 95, p. 193-203, 2005.

DINSDALE, A.; COOK, L.; RIGINOS, C.; BUCKLEY, Y.M.; DE BARRO, P. Refined Global analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodoidea: Aleyrodidae) mitochondrial cytochrome oxidase 1 to identify species level genetic boundaries. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 103, p. 196-208, 2010.

DOMINICK, J. S.; SUNDARAM, M. M. Effect of insecticides on the biological nature of the host plant and its relation to resurgence of the whitefly *Bemisia tabaci* on cotton. **Pestology**, v. 16, p. 7-10, 1992.

ESBROCK, P. V.; HARRIS, Z. K. F.; DUFFUS, J. E. Immunocyto-chemical localization of *Squash leaf curl virus* (SqLCV) in squash and the sweet potato whitefly. **Phytopathology**, v. 85, p. 1180, 1995.

FARIA, J. C.; YOKOYAMA, M. **Integração da avaliação de danos causados pelo mosaico dourado do feijoeiro**: o papel de culturas hospedeiras do vetor do vírus e manejo da praga e doença. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão. 2008. 28p. (Documentos - Embrapa Arroz e Feijão, 230).

FARIA, M. R.; OLIVEIRA, M. R. V. Manejo integrado de *Bemisia tabaci*. In: OLIVEIRA, M. R. V.; BATISTA, M. F.; LIMA, L. H. C.; MARINHO, V. L. A.; FARIA, M. R. (Orgs.). **Moscas-brancas (Hemiptera, Aleyrodidae)**: praga e vetor. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005.

FAUQUET, C. M.; MAXWELL, D. P.; GRONENBORN, B.; STANLEY, J. Revised proposal for naming geminiviruses. **Archives of Virology**, v. 145, p. 1743-1761, 2000.

FENIGSTEIN, A.; ELIYAHU, M.; GAN-MOR, S.; VEIEROV, D. Effects of five vegetable oils on the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. **Phytoparasitica**, v. 29, p. 197-206, 2001.

FERNANDES, F. R.; ALBUQUERQUE, L. C.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; ÁVILA, A. C.; INOUE-NAGATA, A. K. Diversity and prevalence of Brazilian begomoviruses associated to tomatoes. **Virus Genes**, v. 36, p. 251-258, 2008.

FERNÁNDEZ, E.; GRÁVALOS, C.; HARO, P. J.; CIFUENTES, D.; BIELZA, P. Insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* Q-biotype in south-eastern Spain. **Pest Management Science**, v. 65, p. 885-891, 2009.

FRANÇA, F. H.; VILLAS BOAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. Ocorrência de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera:Aleyrodidae) no Distrito Federal. **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v. 25, n. 369-372, 1996.

FREITAS, D. M. S. **Tomato severe rugose virus (ToSRV) e Tomato chlorosis virus (ToCV)**: relações com a *Bemisia tabaci* biótipo B e eficiência de um inseticida no controle da transmissão do ToSRV. 2012. 74 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP, 2012.

GHANIM, M.; CZOSNEK, H. Tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV-Is) is transmitted among whiteflies (*Bemisia tabaci*) in a sex-related manner. **Journal of Virology**, v. 74, p. 4738, 2000.

\_\_\_\_\_; MORIN, S.; ZEIDAN, Z.; CZOSNEK, H. Evidence for transovarial transmission of *Tomato yellow leaf curl virus* by its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. **Virology**, v. 240, p. 295-303, 1998.

\_\_\_\_\_; SOBOL, I.; GHANIM, M. Horizontal transmission of begomoviruses between *Bemisia tabaci* biotypes. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 1, p. 195-204, 2007.

GIORDANO, L. B.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, J. B. C.; INOUE-NAGATA, A. K.; BOITEUX, L. S. Efeito da infecção precoce por *Begomovirus* com genoma bipartido em características de frutos de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 815-818, 2005.

GROSSMAN, J. Horticultural oils: new summer uses on ornamental plant pest. **The IPM Practitioner**, v. 12, n. 8, p. 1-10, 1990.

GUNNING, R.; COTTAGE, E.; BORZATTA, V. Novel technique for the control of insect growth regulator resistant B-Biotype *Bemisia tabaci* in Australia. In: STANSLY, P. A.; MCKENZIE, C. L. (Orgs.). Proceedings of Fourth International *Bemisia* Workshop International Whitefly Genomics Workshop. **Journal of Insect Science**, v. 8, p. 53 2007.

GUO, J. Y.; YE, G. Y.; DONG, S. Z.; LIU, S. S. An invasive whitefly feeding on a virus-infected plant increased its egg production and realized fecundity. **Plos One**, v. 5, 2010.

GUTIERREZ, C. Strategies for geminivirus DNA replication and cell cycle interference. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 60, n. 219-230, 2002.

HANSON, P.; GREEN, S.; KUO, G. Ty-2, a gene on chromosome 11 conditioning geminivirus resistance in tomato. **Tomato Genetics Cooperative Report**, v. 56, p. 17-18, 2006.

HEBLING-BERALDO, M. J. A.; BUENO, O. C.; ALMEIDA, R. E.; SILVA, O. A.; PAGNOCCA, F. C. Influência do tratamento com folhas de *Sesamum indicum* sobre o metabolismo respiratório de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 20, p. 27-33, 1991.

HILJE, L.; COSTA, H. S.; STANSLY, P. A. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. **Crop Protection**, v. 20, p. 801-812, 2001.

HOROWITZ, A. R.; KONTSEDALOV, S; KHASDAN, V.; ISHAAYA, I. Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. **Archives of Insect Biochemistry Physiology**, v. 58, p. 216-225, 2005.

HU, J.; DE BARRO, P.; ZHAO, H.; WANG, J.; NARDIA, F.; LIU, S. S. An extensive field survey combined with a phylogenetic analysis reveals rapid and widespread invasion of two alien whiteflies in China. **Plos One**, v. 6, e16061, 2011.

HUTTON, S. F., SCOTT, J. W.; SCHUSTER, D. J. Recessive resistance to *Tomato yellow leaf curl virus* from the tomato cultivar Tyking is located in the same region as Ty-5 on chromosome 4. **HortScience**, v. 47, p. 324-327, 2012.

ICTV. **ICTV 2011 Master Species List. 2011.** Disponível em: <[http://talk.ictvonline.org/files/ictv\\_documents/m/msl/4090.aspx](http://talk.ictvonline.org/files/ictv_documents/m/msl/4090.aspx)>. Acesso em: 23 out. 2012.

INOUE-NAGATA, A. K; ÁVILA, A. C; BÔAS, G. L. V. **Os geminivírus em sistema de produção integrada de tomate indústria.** Brasília: Embrapa Hortaliças. 2009. 12p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 71).

\_\_\_\_\_; ALBUQUERQUE, L. C.; ROCHA, W. B.; NAGATA, T. A simple method for cloning of the complete begomovirus using the bacteriophage phi 29 DNA polymerase. **Journal of Virological Methods**, v. 116, p. 209-211, 2004a.

\_\_\_\_\_; GIORDANO, L. B.; FONSECA, M. E. N.; RIBEIRO, S. G.; ÁVILA, A. C.; ALBUQUERQUE, L. C.; BOITEUX, L. S. Occurrence of begomovirus in tomato and other plant species in Central Brazil. In: **4th INTERNATIONAL GEMINIVIRUS SYMPOSIUM, 2004, Cape Town**. Programme & Abstracts of 4th International Geminivirus Symposium and Second International ssDNA Comparative Virology Workshop, p. W3-3, 2004b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201309.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201309.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2013.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

JENKING, J. A. The origin of the cultivated tomato. **Economic Botany**, v. 2, p. 379-392, 1948.

JI, Y.; SCHUSTER, D. J.; SCOTT, J. W. Ty-3, a begomovirus resistance locus near the *Tomato yellow leaf curl virus* resistance locus Ty-1 on chromosome 6 of tomato. **Molecular Breeding**, v. 20, p. 271-284, 2007.

\_\_\_\_\_; SCOTT, J. Ty-3, a begomovirus resistance locus linked to Ty-1 on chromosome 6 of tomato. **Tomato Genetics Cooperative Report**, v. 56, p. 22-25, 2006.

JIU, M.; ZHOU, X. P.; TONG, L.; XU, J.; YANG, X.; WAN, F. H.; LIU, S. S. Vector-virus mutualism accelerates population increase of an invasive whitefly. **Plos One**, v. 2, e182, 2007.

JONES, D. R. Plant viroses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p. 195–219, 2003.

KANG, S. S.; ATHAR, M.; CHEEMA, S. S.. Physiological changes in cotton infected with *Cotton leaf curl virus*. **Plant Disease Research**, v. 9, p. 193-195, 2003.

KAUR, G.; SOHAL, B. S.; SINGH, J.; BAJAJ, K. L. Influence of *Cotton leaf curl virus* on the polyphenol metabolism of resistant and susceptible cotton leaves. **Plant Disease Research**, v. 13, p. 23-27, 1998.

LAPIDOT, M.; FRIEDMANN, M.; PILOWSKY, M.; BEN-JOSEPH, R.; COHEN, S. Effect of host plant resistance to *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) on virus acquisition and transmission by its whitefly vector. **Phytopathology**, v. 91, p. 1209-1213, 2001.

LAZAROWITZ, S. G. Geminiviruses: genome structure and gene function. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 11, p. 327-349, 1992.

LIMA, A. C. S.; LARA F. M. **Mosca-branca (*B.tabaci*): morfologia, bioecologia e controle**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2001. 76p.

LIU, J.; ZHAO, H.; JIANG, K.; ZHOU, X. P.; LIU, S. S. Differential indirect effects of two plant viruses on an invasive and an indigenous whitefly vector: implications for competitive displacement. **Annals of Applied Biology**, v. 155, p. 439-448, 2009.

LIU, T. X.; STANSLY, P. A. Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. **Pest Management Science**, v. 56, n. 6, p. 861-866, 2000.

LIU, T. X.; STANSLY, P. A. Toxicity of biorational insecticides to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato leaves. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p. 564-568, 1995.

LOURENÇÃO, A. L. Situação atual da mosca-branca no Brasil: medidas de controle. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 64, n. 2, p. 153-155, 2002.

\_\_\_\_\_; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. **Bragantina**, v. 53, p. 53-59, 1994.

MANN, R. S.; SIDHU, J. S.; BUTTER, N. S.; SOHI, A. S.; SEXHON, P. S. Performance of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on healthy and *Cotton leaf curl virus* infected cotton. **Florida Entomologist**, v. 91, p. 249-255, 2008.

MARTINEZ, S. S.; EMDEN, H. F. Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by Azadirachtin. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 113-124, 2001.

MATSUURA, S.; HOSHINO, S. Effect of tomato yellow leaf curl disease on reproduction of *Bemisia tabaci* Q biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomato plants. **Applied Entomology and Zoology**, v. 44, p. 143-148, 2009.

MCKENZIE, C. L. Effect of *Tomato mottle virus* (ToMoV) on *Bemisia tabaci* biotype B (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition and adult survivorship on healthy tomato. **Florida Entomologist**, v. 85, p. 367-368, 2002.

\_\_\_\_\_; SHATTERS JUNIOR, R. G.; DOOSTDAR, H.; LEE, S. D.; INBAR, M. Effect of *Geminivirus* infection and *Bemisia* infestation on accumulation of pathogenesis-related proteins in tomato. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 49, p. 203-214, 2002.

MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2007.

MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos**: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia. 2005. 53 p. (Embrapa Agrobiologia, Documentos da Embrapa, 205).

MORDUE, A. J.; NISBET, A. J. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachata indica*: its action against insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 615-632, 2000.

MOREIRA, M. D.; PICANÇO, M. C.; MARTINS, J. C.; CAMPOS, M. R.; CHEDIAK, M. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (Eds.). **Manejo Integrado de doenças e pragas: hortaliças**. Viçosa, MG: UFV; DFT, 2007. 627p.

NAUEN, R.; DENHOLM, I. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. **Archives of Insect Biochemistry Physiology**, v. 58, p. 200-215, 2005.

OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, v. 20, p. 709-723, 2001.

\_\_\_\_\_; FARIA, M. R. de. **Mosca branca do complexo *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae): bioecologia e medidas de controle**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2000. 111p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 48).

PALUMBO, J. C.; HOROWITZ, A. R.; PRABHAKER, N. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, v. 20, p. 739-765, 2001.

PAULA NETO, F. L.; BLEICHER, E. Avaliação de óleos vegetais de diferentes características secantes sobre *Bemisia tabaci*, em melão. **Manejo Integrado de Pragas y Agroecología**, v. 68, n. 4, p. 53-56, 2003.

PERRING, T. M. The *Bemisia tabaci* species complex. **Crop Protection**, v. 20, p. 725-737, 2001.

PERALTA, E. R.; KNAPP, S.; SPOONER, D. M. New species of wild tomatoes (*Solanum* Section: *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. **Systematic Botany**, v. 30, p. 424-434, 2005.

PINKERTON, S. D.; ROLFE, R.; AULD, D. L. Selection of castor with divergent concentration of ricin and *Ricinus communis* agglutinin. **Crop Science**, v. 39, n. 4, p. 353-357, 1999.

PIETERSEN, G.; SMITH, M. F. *Tomato yellow leaf curl virus* resistant tomatoes show resistance to *Tomato curly stunt virus*. **Plant Disease**, v. 86, p. 528-534, 2002.

POLSTON, J. E.; TOAPANTA, M. The effect of begomoviruses on whitefly fitness. **Journal of Insect Science**, v. 8, p. 39, 2008.

RAE, D. J.; LIANG, W. G.; WATSON, D. M.; BEATTIE, G. A. C.; HUANG, M. D. Evaluation of petroleum spray oils for control of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in China. **International Journal of Pest Management**, v. 43, p. 71-75, 1997.

RIBEIRO, N. C. **Potencial inseticida de óleos essenciais de espécies do gênero *Citrus* sobre *Bemisia tabaci* (Genn., 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)**. 2010. 42 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, 2010.

RICK, C. M. Fruit and pedicel characteristics derived from Galápagos tomato. **Economic Botany**, v. 21, p. 174-184, 1967.

ROBINSON, J. V. **Horticultural oil and pest control**. Texas: Texas Agricultural Extension Service, 2000. 15 p.

RODRIGUES, J. C. V.; CHILDERS, C. C. Óleos no manejo de pragas e doenças em citros. **Revista Brasileira de Entomologia Agrícola**, v. 23, p. 77-100, 2002.

ROJAS, M. R.; HAGEN, C.; LUCAS, W. J.; GILBERTSON, R. L. Exploiting chinks in the plant's armor: evolution and emergence of geminivírus. **Annual Review of Phytopathology**, v. 43, p. 11-16, 2005.

ROMAY, G.; GERAUD-POUEY, R.; CHIRINOS, D. T.; MORALES, F.; HERRERA, E.; FERNÁNDEZ, C.; MARTÍNEZ, A. K. Transmisión del Tomato Venezuela virus por *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), en Maracaibo, Venezuela. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 266-274, 2010.

ROSELL, R. C.; BEDFORD, J. D.; FROHLICH, D. R.; BROWN, J. K.; MARKHAM, P. G. Analysis of morphological variation in distinct populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 90, p. 575-589, 1997.

RUBINSTEIN, G.; CZOSNEK, H. Long-term association of *Tomato yellow leaf curl virus* with its whitefly vector *Bemisia tabaci*: effect on the insect transmission capacity, longevity and fecundity. **Journal of General Virology**, v. 78, p. 2683-2689, 1997.

SANTOS, C. D. G.; ÁVILA, A. C.; RESENDE, R. O. Estudo da interação de um begomovírus isolado de tomateiro com a mosca branca. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 664-673, 2003.

SAUVION, N.; MAURIELLO, V.; RENARD, B.; BOISSOT, N. Impact of melon accessions resistant to aphids on the demographic potential of silver leaf whitefly. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 557-567, 2005.

SCHMUTTERER, H. Properties and potential of natural pesticides from neem tree. **Annual Review of Entomology**, v. 35, p. 271-297, 1990.

SIDHU, J. S.; MANN, R. S.; BUTTER, N. S. Deleterious Effects of *Cotton leaf curl virus* on Longevity and Fecundity of Whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). **Journal of Entomology**, v. 6, p. 62-66, 2009.

SILVA, L. D.; OMOTO, C.; BLEICHER, E.; DOURADO, P. M. Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 116-125, 2009.

SIMMONS, A. Nymphal survival and movement of crawlers of *Bemisia argentifolli* (Homoptera: Aleyrodide) on leaf surfaces of selected vegetables. **Environmental Entomology**, v. 28, p. 212-216, 1999.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. Principais pragas do tomate para mesa: bioecologia, dano e controle. **Informe Agropecuário**, v. 24, p. 79-92, 2003.

STOUT, M. J.; THALER J. S.; THOMMA, B. P. H. J. Plant-mediated interactions between pathogenic microorganisms and herbivorous arthropods. **Annual Review Entomology**, v. 51, p. 663-689, 2006.

VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. **Manejo integrado da mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) em sistema de produção integrada de tomate indústria (PITI)**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2009. 16p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 70).

\_\_\_\_\_; FRANÇA, F. H.; ÁVILA, A. C.; BEZERRA, I. C. **Manejo integrado da mosca-branca, *Bemisia argentifolli***. Brasília: Embrapa Hortaliças. 1997. 11p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 11).

WANG, J.; ZHAO, H.; JIAN, L.; JIU, M.; QIAN, Y. J.; LIU, S. S. Low frequency of horizontal and vertical transmission of two begomoviruses through whitefly *Bemisia tabaci* biotype B and Q. **Annals of Applied Biology**, v. 157, p. 125-133, 2010.

WARNOCK, S. J. Natural habitats of *Lycopersicon* species. **Hortsciense**, v. 26, p. 466-471, 1991.

ZAKAY, Y.; NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; KEDAR, N.; RABINOWITCH, H.; CZOSNEK, H.; ZAMIR, D. Screening *Lycopersicon* accessions for resistance to *Tomato yellow leaf curl virus*: presence of viral DNA and symptom development. **Plant Disease**, v. 75, p. 279, 1991.

ZAMIR, D.; EKSTEIN-MICHELSON, I.; ZAKAY, Y.; NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; SARFATTI, M.; ESHED, Y.; HAREL, E.; PLEBAN, T.; VAN-OSS, H. Mapping and introgression of a *Tomato yellow leaf curl virus* tolerance gene, Ty-1. **TAG Theoretical and Applied Genetics**, v. 88, p. 141-146, 1994.

# **CAPÍTULO 1 - INTERFERÊNCIA DO BEGOMOVÍRUS *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) NA MORTALIDADE DO VETOR *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B EXPOSTO À INSETICIDAS**

## **RESUMO**

A mosca-branca, *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), destaca-se como inseto praga principalmente pela sua ação como vetor de viroses em diversas culturas agrícolas. O uso do controle químico é o principal método de manejo dessa praga, porém, muitos casos de resistência de *B. tabaci* aos ingredientes ativos (i.a.s.) já foram relatados e isto pode estar relacionado à presença do vírus no inseto. Este trabalho objetivou determinar se a interação de *B. tabaci* biótipo B com o *Tomato severe rugose virus* – ToSRV (*Geminiviridae: Begomovirus*) afeta a sua suscetibilidade aos inseticidas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 4x2 (inseticidas vs. moscas-brancas virulíferas e avirulíferas). Foram testados os ingredientes ativos: acefato (750 mg/L do i.a. na calda), diafentiurom (1333 mg/L), tiametoxam (50 mg/L) e pimetrozina (200 mg/L), além de uma testemunha (água). A unidade experimental foi um tubo de vidro de fundo chato com um disco foliar de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) acondicionado sobre 1 ml de água a 3% (v/v). Os discos foliares foram mergulhados nas caldas inseticidas por cinco segundos, com posterior secagem em temperatura ambiente. Indivíduos de *B. tabaci* recém-emergidos de plantas de repolho (população CNPH) foram transferidos para gaiolas contendo plantas de tomateiro saudáveis e gaiolas com plantas infectadas (ToSRV), os quais permaneceram nelas por três dias. Posteriormente, os insetos foram transferidos para os tubos (20 indivíduos/recipiente) e a mortalidade foi avaliada após 24 e 48 horas. A mortalidade foi corrigida pela testemunha utilizando a fórmula de Schenneider-Orelli. Os dados foram submetidos à análise de variância para medidas repetidas e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Não houve diferença na mortalidade entre insetos virulíferos e avirulíferos em razão do inseticida testado ( $P = 0,3772$ ), indicando que a presença do ToSRV no inseto não interferiu na sua suscetibilidade aos inseticidas. Houve diferença significativa na mortalidade de *B. tabaci* entre os inseticidas ao longo do tempo ( $P = 0,00001$ ). Diafentiurom ( $92,01\% \pm 2,68$ ) e tiametoxam ( $81,28\% \pm 2,24$ ) proporcionaram maior mortalidade de adultos de *B. tabaci* biótipo B.

**Palavras-chave:** resistência, mosca-branca, *fitness*.

## ABSTRACT

### INTERFERENCE OF BEGOMOVIRUS *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) ON THE MORTALITY OF THE VECTOR *Bemisia tabaci* B BIOTYPE EXPOSED TO INSECTICIDES

The whitefly, *Bemisia tabaci* B biotype (Hemiptera: Aleyrodidae), stands out as an insect pest mainly by its action as a plant virus vector in several crops. The chemical control is the main method for management of this pest, however, many cases of *B. tabaci* B biotype resistance have been reported and it might be related to the presence of the virus in the insect. This study investigated whether *B. tabaci* B biotype interactions with *Tomato severe rugose virus* - ToSRV (*Geminiviridae: Begomovirus*) affects their susceptibility to insecticides. The completely randomized design was adopted, with factorial arrangement of 4 insecticides vs. 2 viruliferous and non-viruliferous whiteflies. Tested active ingredients were: acephate (750 mg/L), diafenthiuron (1333 mg/L), thiamethoxam (50 mg/L) and pymetrozin (200 mg/L), and a control (water). The experimental unit was a flat bottom glass tube with a plant leaf disc (*Canavalia ensiformis*) packed on 1 ml of agar 3% (v/v). The leaf discs were immersed on insecticide solution for five seconds, and dried at room temperature. *B. tabaci* adults, newly emerged from cabbage plants (CNPH population) were transferred to cages containing either healthy plants and or tomato infected plants (ToSRV), which remained in them for three days. Subsequently, 20 insects were transferred to the tubes and the mortality rate was assessed after 24 and 48 hours. The mortality rate was corrected by the control value using Schenneider-Orelli formula. A repeated measure ANOVA analysis was conducted using the mortality rate. The means were separated by Tukey test at a significance level of 5%. There was no difference in the mortality between viruliferous and non-viruliferous (ToSRV) insects, according to the tested insecticide ( $P = 0.3772$ ), indicating that the presence of ToSRV did not interfere in their susceptibility to insecticides. There was a significant difference in the mortality of *B. tabaci* depending on the insecticide over time ( $P = 0.00001$ ). The insecticide diafenthiuron ( $92.01\% \pm 2.68$ ) and thiamethoxam ( $81.28\% \pm 2.24$ ) showed the highest adult mortality of *B. tabaci* B biotype.

**Keywords:** insecticide resistance, whitefly, fitness.

## INTRODUÇÃO

A mosca-branca, *B. tabaci* biótipo B, é uma praga de importância mundial em diversas culturas agrícolas e ornamentais (Oliveira et al., 2001; Sauvion et al., 2005). O dano mais grave que este inseto provoca é a transmissão de vírus capaz de comprometer toda a produção, por reduzir o crescimento da cultura, área foliar e conseqüentemente o número de frutos por planta (Lourenção & Nagai, 1994; Romay et al., 2010). Os principais vírus transmitidos pela mosca-branca pertencem ao gênero *Begomovirus* (família *Geminiviridae*), característico por possuir predominantemente vírus bipartidos transmitidos por biótipos de mosca-branca (Fauquet et al., 2008).

O comprometimento da produção é ainda mais crítico quando a infecção acomete plantas jovens. Tomateiros da cv. Viradoro (suscetível a begomovirose) infectados precocemente por um isolado de begomovírus relacionado ao *Tomato chlorotic mottle virus* (ToCMoV) apresentaram perda de 60% na produtividade (Giordano et al., 2005).

Entre as espécies de begomovírus que infectam o tomateiro no Brasil, o *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) é um dos predominantes. Esse vírus é transmitido por *B. tabaci* para plantas de tomate, batata, pimenta, pimentão e várias espécies de plantas daninhas o que dificulta o seu manejo (Fernandes et al., 2008; Barbosa et al., 2009; Nozaki et al., 2010; Barbosa et al., 2011; Rocha, 2011).

Os begomovírus são transmitidos pelas moscas-brancas de maneira circulativa e persistente. Para adquirir ou transmitir o ToSRV em tomateiro, a *B. tabaci* biótipo B necessita de um período mínimo de acesso à planta de 5 minutos (Freitas, 2012). Além disso, o inseto necessita de no mínimo 16 horas para se tornar infectivo após aquisição do vírus em planta infectada por ToSRV (Santos et al., 2003). Neste tempo, o vírus circula no corpo do inseto até alcançar as glândulas salivares, onde ocorre acumulação das partículas virais que são ejetadas junto com a saliva para o tecido vegetal no processo de alimentação (Ghanim et al., 2001).

Embora não haja relato contundente da propagação de begomovírus em mosca-branca, estes vírus podem afetar de forma positiva ou negativa, o *fitness* do vetor variando conforme a espécie de vírus e biótipo de *B. tabaci* (Rubinstein & Czosnek, 1997; McKenzie, 2002; Jiu et al., 2007; Sidhu et al., 2009).

Rubinstein & Czosnek (1997) detectaram redução na longevidade (17-23%) e fecundidade (40-50%) de *B. tabaci* alimentada em planta infectada com *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV). Sidhu et al. (2009) também relataram redução na longevidade (15%) e fecundidade (9%) de *B. tabaci* alimentada em planta infectada com *Cotton leaf curl virus* –

CLCuV. Resultados semelhantes foram descritos por Jiu et al. (2007), isto é, a presença do vírus *Tomato yellow leaf curl China virus* (TYLCCV) reduziu a longevidade e fecundidade do biótipo B em 36% e 26%, respectivamente e do biótipo ZHJ1 em 41% e 33%, respectivamente. Os mesmos autores relataram aumento na longevidade (9%) e fecundidade (36%) de *B. tabaci* biótipo B carreando o vírus *Tobacco curly shoot virus* – TbCSV. Alteração na fecundidade de *B. tabaci* Biótipo B virulífera também foi relatado por McKenzie (2002), onde a presença do vírus *Tomato mottle virus* – ToMoV no corpo do vetor incrementou sua produção de ovos em 66,9%.

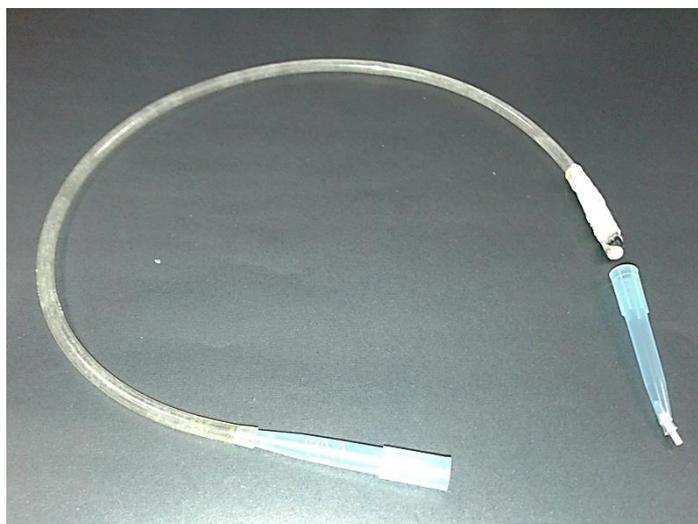
Existe a hipótese, ainda não validada, de que a presença do begomovírus no corpo da *B. tabaci* provoque ainda modificações fisiológicas, morfológicas ou comportamentais capazes de alterar a susceptibilidade deste vetor aos inseticidas. Isto implicaria na necessidade de reavaliar o controle químico da mosca-branca e o manejo da resistência, pois atualmente as recomendações de produto e dosagens não levam em consideração a presença do vírus no vetor. Este trabalho possui o objetivo de avaliar a influência do begomovírus ToSRV em *B. tabaci* biótipo B sobre a sua suscetibilidade a inseticidas sintéticos registrados para o seu controle.

## MATERIAL E MÉTODO

### Populações de *B. tabaci* virulíferas e avirulíferas

Plantas de brócolis (cv. Brocolos Ramoso de Brasília, CNPH) infestadas com ninfas de *B. tabaci* biótipo B foram acondicionadas em gaiolas de organza por dois dias. Os adultos emergidos nestas gaiolas foram transferidos para gaiolas contendo plantas de tomateiro cv. Viradoro sadias e previamente infectadas com ToSRV (plantas apresentando sintomas avançados de infecção). Os insetos permaneceram nestas gaiolas por três dias, cujo período é suficiente para a aquisição de vírus pelos insetos e para tornarem-se aptos à transmissão (Freitas, 2012; Santos et. al., 2003).

Plantas de tomateiro das duas gaiolas foram plantadas e infestadas com a mesma população de *B. tabaci* biótipo B no mesmo dia para diminuir a influência da idade da planta hospedeira e da diferença de idade dos insetos, nos resultados obtidos. A coleta dos insetos (não sexados) para o experimento foi realizada com sugador manual acoplado a uma ponteira de 1ml adaptada para acondicionar as moscas-brancas (Figura 1).

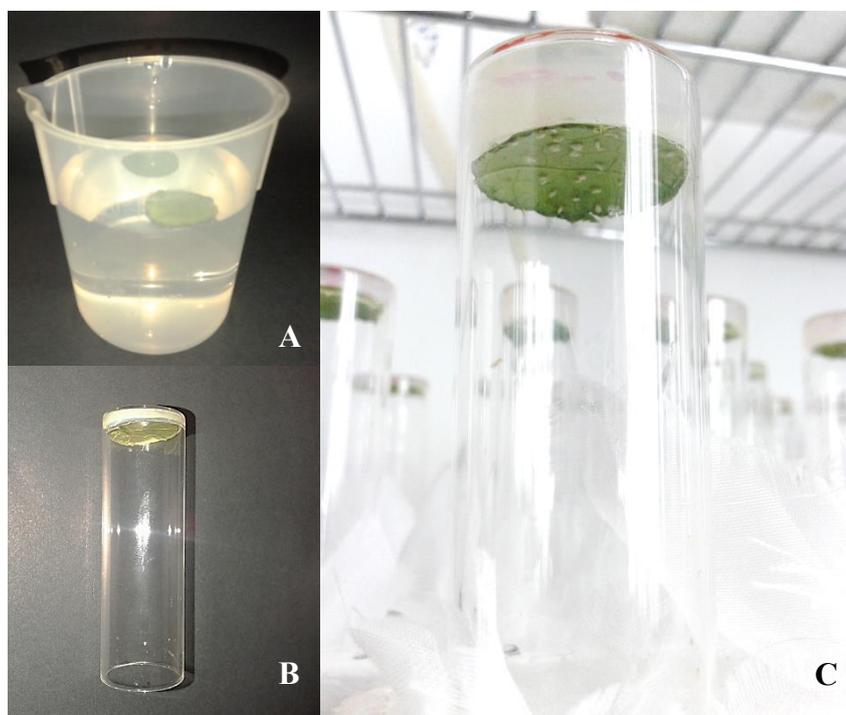


**Figura 1:** Sugador manual acoplado a uma ponteira P1000 adaptada para coletar adultos de mosca-branca.

### Unidade experimental

Foi empregada a metodologia de resíduo seco da calda inseticida em disco foliar de feijão-de-porco [*Canavalia ensiformes* (L.) DC. Fabaceae]. Para tanto, foram utilizados tubos de vidro de fundo chato (8cm altura e 1,7cm de diâmetro), contendo 1ml de ágar a 3% (v/v) depositado no fundo (Figura 2).

Foram avaliados cinco ingredientes ativos, cuja dosagem e especificações do produto comercial estão descritos na Tabela 1. A testemunha consistiu apenas de água destilada. Os discos foliares de feijão-de-porco (1,65 cm de diâmetro) foram imersos nas caldas inseticidas por cinco segundos (Figura 2A) e colocados para secar com a face abaxial voltada para cima. Após secagem, foram acondicionados no fundo do tubo de vidro de fundo chato contendo solução de ágar (Figura 2B) com a face adaxial em contato com o ágar e a face abaxial exposta aos insetos. Após este procedimento os insetos (não sexados) foram liberados no recipiente (20 insetos/tubo) e a entrada do tubo recoberta com tecido voil e o recipiente mantido com a abertura voltada para baixo com a finalidade de diminuir as interferências no hábito alimentar do inseto (Figura 2C). O experimento foi realizado em sala climatizada, ajustada para temperatura de  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR de 50% e fotofase de 12 horas.



**Figura 2:** **A:** discos foliares de feijão-de-porco em solução inseticida por cinco segundos; **B:** tubo de vidro de fundo chato contendo 1ml de ágar (3%) no fundo sobre o qual foi depositado o disco foliar após imersão em calda inseticida e secagem em temperatura ambiente; **C:** detalhe da unidade experimental contendo o disco foliar com a face abaxial voltada para baixo, para reduzir interferências no hábito alimentar.

### **Delineamento Experimental**

Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial de 4 (inseticidas – Tabela 1) x 2 (condição da MB – virulífera ou avirulífera) e dispostos no delineamento inteiramente casualizado com 25 repetições.

## Análises estatísticas

A mortalidade de adultos de *B. tabaci* em razão dos tratamentos foi corrigida pela respectiva testemunha, utilizando a fórmula de Schenneider-Orelli (Püntener, 1981), onde:

$$M_{\text{corrigida}} (\%) = \left( \frac{M_{\text{trat}} - M_{\text{test}}}{100 - M_{\text{test}}} \right) * 100$$

$M_{\text{corrigida}}$ : mortalidade no tratamento corrigida pela testemunha (%).

$M_{\text{trat}}$ : mortalidade no tratamento (%).

$M_{\text{test}}$ : mortalidade na testemunha (%).

Desde que a mortalidade dos insetos foi avaliada na mesma unidade amostral (tubo com disco foliar) em vários momentos, a análise de variância para medidas repetidas foi utilizada para evitar o problema de pseudo-repetição e da falta de homogeneidade das matrizes de variância/covariância durante as datas analisadas (Hurlbert, 1984; Green, 1993). Assim, os dados foram submetidos à análise de variância para medidas repetidas (PROC ANOVA com especificação Contrast) no esquema fatorial 4x2, tendo os momentos de avaliação da mortalidade com medidas repetidas da mesma unidade experimental, conforme sugerido por Ende (1993). A comparação entre médias dos tratamentos foi realizada dentro de cada momento de avaliação pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

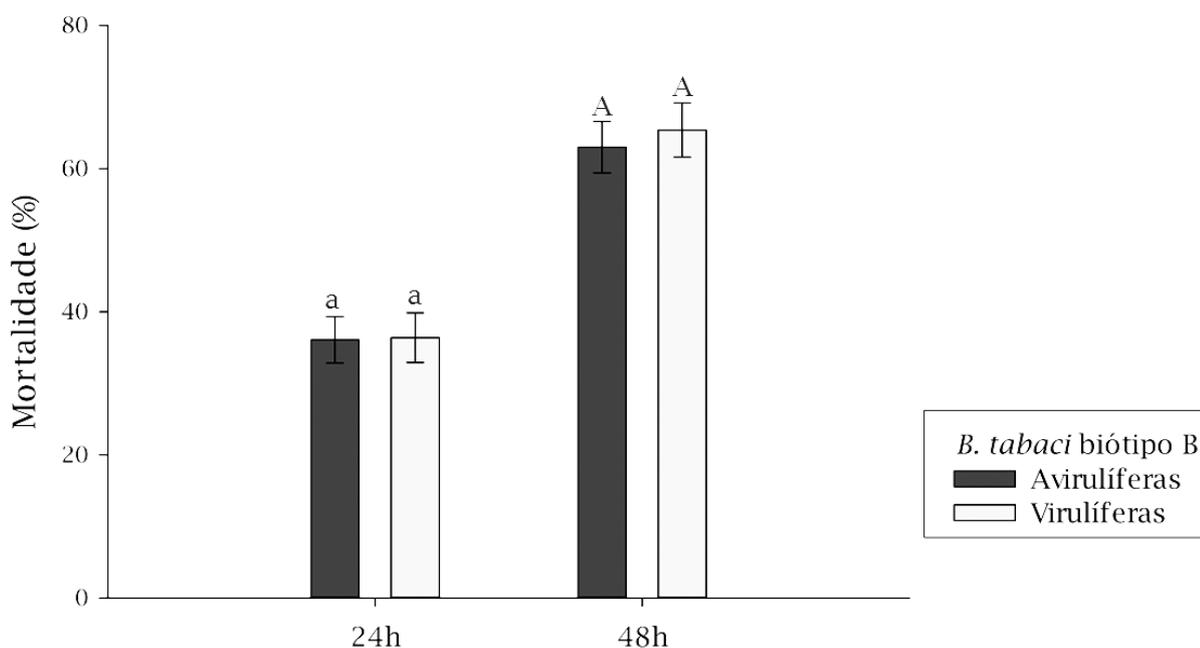
**Tabela 1.** Moléculas testadas no controle de *B. tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae).

Nome Técnico	Grupo químico	Nome Comercial	Dose (P.C <sup>(1)</sup> /L de água)	Atividade/ Impacto no inseto
Tiametoxam	Neonicotinóide	Actara <sup>®</sup> 250 WG	20g/100L	Sistêmico, contato e ingestão. Reduz alimentação e movimentação de adultos
Acefato	Organofosforado	Orthene <sup>®</sup> 750 BR	100g/100L	Contato e ingestão. Mortalidade de adultos e ninfas
Pimetrozina	Piridina Azometina	Chess <sup>®</sup> 500 WG	40g/100L	Sistêmico. Causa bloqueio na alimentação do inseto.
Diafentuirom	Feniltiuréia	Polo <sup>®</sup> 500 WP	800g/300L	Contato e Ingestão. Inibe o desenvolvimento de ninfas.

(1)P.C = produto comercial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre inseticidas e condição de virulência da mosca-branca não foi significativa (interação inseticida x condição de virulência: G.L. = 3; F = 1,04; P = 0,3772; condição de virulência: G.L. = 1; F = 0,05; P = 0,8308; inseticidas: G.L. = 3; F = 174,18; P < 0,0001), indicando que a presença do ToSRV no inseto não interferiu na sua suscetibilidade aos inseticidas.



**Figura 3.** Mortalidade (%) de *B. tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), em função da sua condição de virulência, após 24h e 48h de exposição a inseticidas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Brasília, DF, 2013.

Na prática estes resultados indicam que em uma lavoura de tomate, adultos de *B. tabaci* biótipo B virulíferos (ToSRV) que se estabelecerem em plantas saudáveis não estarão mais ou menos sujeitos à ação dos inseticidas devido à sua condição de virulência (afirmação válida para vetor, vírus e planta hospedeira deste estudo). Porém, não se sabe da susceptibilidade da *B. tabaci* biótipo B aos inseticidas quando se estabelecem em tomateiros já infectados por begomovirose ou mesmo quando se desenvolvem nele desde a fase de ovo. Destaca-se que estes vírus também podem interferir no *fitness* do vetor através de modificações na morfologia e fisiologia da planta hospedeira, principalmente na supressão de defesas contra herbivoria e alteração do conteúdo nutricional do floema.

Plantas de tomate infectadas com o begomovírus *Tomato yellow leaf curl China virus* (TYLCCNV) e seu betasatélite apresentam menor síntese de ácido jasmônico (Yang et al., 2008; Zhang et al., 2012), um importante componente dos sinais que regulam as defesas da planta contra danos nos tecidos foliares provocados por alguns insetos sugadores como as moscas-brancas (Felton & Korth 2000; Kempema et al. 2007; Zarate et al. 2007). Isto permite que indivíduos adultos de *B. tabaci* apresentem menor gasto energético com a destoxificação alimentar (Luan et al., 2013a; Luan et al., 2013b). Além disso, em tomateiro, a *B. tabaci* é beneficiada pela menor presença de seus inimigos naturais em plantas infectadas por vírus que inibem a síntese do ácido jasmônico pelo vegetal, pois este é um importante sinal químico responsável pela atração e permanência de alguns inimigos naturais no campo (Pinto-Zevallos, 2013).

Pode ocorrer ainda alteração nos teores de açúcares totais, minerais e outros componentes da seiva elaborada que promovem a colonização da planta pelos insetos (Belluire et al., 2005; Stout et al., 2006). Em plantas de algodão infectadas pelo vírus *Cotton leaf curl virus* - CLCuV foi demonstrado aumento nos níveis de atividade da peroxidase, lipase, fenóis, carotenoides, proteínas, açúcares totais, e dos teores de clorofila, óleo, enzima lipase e redução de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{K}^+$  (Kaur et al. 1998; Kang et al. 2003; Ashraf et al. 2004). Observou-se que o aumento do teor de açúcares totais e a redução dos íons  $\text{K}^+$  em folhas de algodão atraem maior número de *B. tabaci* (Dominick & Sundaram 1992; Abdullah & Singh, 2004).

Assim, o vírus pode tornar a planta hospedeira mais apta à infestação por mosca-branca, evidenciando a existência de relação mutualística entre alguns begomovírus e seu vetor já que, em contrapartida, o inseto promove a dispersão do vírus (Yang et al., 2008; Zhang et al., 2012; Luan et al., 2013a; Luan et al., 2013b). Os benefícios para a mosca-branca resultantes da presença do vírus na planta foram quantificados, simulando as duas possibilidades de transmissão secundária (a fase adulta do vetor adquire o vírus no campo de produção ou o vetor se desenvolve desde a fase de ovo em planta infectada).

Indivíduos adultos e avirulíferos de *B. tabaci* biótipo B transferidos para plantas infectadas com *Tobacco curly shoot virus* - TbCSV ou *Tomato yellow leaf curl China virus* - TYLCCNV apresentaram incremento na longevidade em duas e três vezes, respectivamente, assim como a fecundidade dobrou quando infectadas com algum desses vírus (Jiu et al., 2007). Quando indivíduos de *B. tabaci* biótipo B foram criados desde a fase de ovo em plantas de tabaco infectadas com TYLCCNV o incremento populacional foi de 13 vezes,

devido a uma longevidade sete vezes maior e a uma fecundidade dezessete vezes maior em relação à testemunha (Jiu et al., 2007).

Não há dados semelhantes aos descritos acima para *B. tabaci* biótipo B e os begomovírus que ocorrem no Brasil. Um possível mutualismo entre estas espécies é mais um fator que pode explicar a ocorrência de surtos populacionais do vetor em determinados anos de cultivo, ineficácia dos inseticidas no controle de determinadas infestações e melhor desempenho do biótipo B em relação aos biótipos brasileiros.

Com relação à eficiência dos inseticidas, houve diferença significativa na mortalidade de *B. tabaci* (inseticida: G.L. = 3,192; F = 174,18; P = 0,00001) (Tabela 3). Após 24 horas de exposição aos inseticidas, todos os ingredientes ativos diferiram estatisticamente entre si (Tabela 3). Neste período, o tratamento Diafentiurom ocasionou a maior mortalidade de *B. tabaci* ( $79,77 \pm 4,78$ ) seguido por Tiametoxam ( $39,56 \pm 3,99$ ), Pimetrozina ( $19,00 \pm 3,65$ ) e Acefato ( $6,59 \pm 1,22$ ). Já na avaliação de 48 horas, o Diafentiurom foi o que proporcionou a maior mortalidade ( $92,01 \pm 2,68$ ), não diferindo estatisticamente do Tiametoxam ( $81,28 \pm 2,24$ ), sendo significativamente diferente dos inseticidas Pimetrozina ( $71,39 \pm 4,06$ ) e Acefato ( $12,09 \pm 1,74$ ).

Embora tenha provocado as maiores mortalidades de mosca-branca, o inseticida Diafentiurom não é uma opção de controle por acarretar queima foliar nas plantas de tomate (resultados do capítulo 2). Dentre os ingredientes ativos avaliados o mais recomendável para o uso no controle de *B. tabaci* biótipo B é o Tiametoxam. Devido à alta eficiência no controle de adultos e ninfas, maior seletividade e menor toxidez, este neocotinóide de segunda geração é uma ferramenta importante no controle da mosca-branca, sendo necessário o correto manejo da resistência que muitas populações de *B. tabaci* vêm apresentando (Lee et al., 2002; Torres & Silva-Torres, 2008; Silva et al., 2009; Castle & Prabhaker, 2013).

Os resultados apresentados pelo tratamento Acefato estão de acordo com o observado por outros autores que verificaram que este inseticida apresentou baixa eficiência de controle de *B. tabaci* (Branco & Pontes, 2001; Bacci et. al., 2007). Além disso, este ingrediente ativo apresenta elevado risco à saúde humana, principalmente para os aplicadores de inseticidas. No ambiente, o acefato degrada-se em metamidofós, composto teratogênico e tóxico aos sistemas nervoso, imunológico, endócrino e reprodutor. O metamidofós também é um composto inseticida e seu uso foi proibido no Brasil no ano de 2011. Diante desse cenário, o Comitê de Reavaliação Toxicológica (composto por: Agência Nacional de Saúde – ANVISA; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA; e Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA) reavaliou o acefato e por meio da Resolução RDC nº45, de 2 de outubro de 2013 proibiu a sua aplicação via costal ou manual em diversas culturas, inclusive no tomateiro de mesa. No tomateiro para processamento industrial deve ser comercializado em embalagens hidrossolúveis para diminuir as possibilidades do aplicador entrar em contato com o produto. O resultado obtido neste trabalho é significativo, pois o acefato é um dos inseticidas mais utilizados pelos agricultores no controle da mosca-branca e outros insetos-praga.

**Tabela 3.** Mortalidade (%) de adultos de *B. tabaci* biótipo B avirulíferos e virulíferos causada por quatro inseticidas sintéticos depositados sobre discos foliares, em avaliações realizadas 24 e 48 horas após exposição dos insetos.

Inseticida	Avaliação <sup>1</sup>	
	24h	48h
Acefato	6,59 ± 1,22 dB	12,09 ± 1,74 cA
Diafenturom	79,78 ± 3,46 aB	92,01 ± 2,68 aA
Tiametoxam	39,56 ± 2,86 bB	81,28 ± 2,24 aA
Pimetrozina	19,01 ± 2,59 cB	71,39 ± 4,06 bA

<sup>1</sup>Médias (±EP), dentro de cada época de avaliação, seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

## CONCLUSÕES

- A suscetibilidade da *B. tabaci* biótipo B a inseticidas não é afetada pela presença do begomovírus ToSRV no seu organismo;
- Pela metodologia utilizada, o Tiametoxam e Pimetrozina são os inseticidas mais eficientes no controle de indivíduos adultos desta população de *B. tabaci* biótipo B;
- O inseticida Acefato não é eficiente no controle de adultos de *B. tabaci* biótipo B.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, N. M. M.; SINGH, J. Biology of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) on cotton under Punjab conditions. **Pest Management and Economic Zoology**, v. 12, p. 1-6, 2004.

ASHRAF, M. Y.; MAHMOOD, S.; SARWAR, G.; ASHRAF, M.; NAEEM, M.; ZAFAR, S. Physiological and biochemical changes in resistant and susceptible to *Cotton leaf curl virus* (CLCuV) cotton varieties at germination and early seedling stages: changes in lipase, oil content, protein and soluble sugars. **International Journal of Biology and Biotechnology**, v. 1, p. 217-222, 2004.

BACCI, L.; CRESPO, A. L. B.; GALVAN, T. L.; PEREIRA, J. G. L.; PICANÇO, M. C.; SILVA, G. A.; CHEDIK, M. Toxicity of insecticides to the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. **Pest Management Science**, v. 63, p. 699-706, 2007.

BARBOSA, J. C.; BARRETO, S. D.; INOUE-NAGATA, A. K.; REZENDE, J. A. M. Characterization and experimental host range of a Brazilian tomato isolate of *Tomato severe rugose virus*. **Journal of Phytopathology**, v. 159, p. 644-646, 2011.

BARBOSA, J. C.; BARRETO, S. S.; INOUE-NAGATA, A. K.; REIS, M. S.; FIRMINO, A. C.; BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J. A. M. Natural infection of *Nicandra physaloides* by *Tomato severe rugose virus* in Brazil. **Journal of General Plant Pathology**, v. 75, p. 440-443, 2009.

BELLIURE, B.; JANSSEN, A.; MARIS, P. C.; PETERS, D.; SABELIS, M. W. Herbivore arthropods benefit from vectoring plant viruses. **Ecological Letters**, v. 8, p. 70-79, 2005.

BRANCO, M. C.; PONTES, L. A. Eficiência de tiacloprid para o controle de mosca-branca. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 97-101, 2001.

BRUCE, T. J. A.; PICKETT, J. A. Plant defence signalling induced by biotic attacks. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 10, p. 387-392, 2007.

CASTLE, S. J.; PRABHAKER, N. Monitoring changes in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) susceptibility to neonicotinoid insecticides in Arizona and California. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 3, p. 1404-1413, 2013.

COMITÊ BRASILEIRO DE AÇÃO A RESISTÊNCIA A INSETICIDAS (IRAC-BR). **Resistência de mosca-branca a inseticidas**. Disponível em: <<http://www.iraconline.org/documents/resistencia-de-mosca-branca-2012/?ext=pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2013.

DOMINICK, J. S.; SUNDARAM, M. M. Effect of insecticides on the biological nature of the host plant and its relation to resurgence of the whitefly *Bemisia tabaci* on cotton. **Pestology**, v. 16, p. 7-10, 1992.

ENDE, C. N. Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures. In: SCHEINER, S.; GUREVITCH, J. (Eds.). **Design and Analysis of Ecological Experiments**. New York: Chapman & Halland, 1993.

FAUQUET, C. M.; BRIDDON, R.; BROW, J.; MORIONES, E.; STANLEY, J. et. al. Geminivirus strain demarcation and nomenclature. **Archives of Virology**, v. 153, p. 783-821, 2008.

FELTON, G. W.; KORTH, K. L. Trade-offs between pathogen and herbivore resistance. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 3, p. 309-314, 2000.

FERNANDES, F. R.; ALBUQUERQUE, L. C.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; ÁVILA, A. C.; INOUE-NAGATA, A. K. Diversity and prevalence of Brazilian bipartite begomovirus species associated to tomatoes. **Virus Genes**, v. 36, p. 251-258, 2008.

FREITAS, D. M. S. *Tomato severe rugose virus (ToSRV) e Tomato chlorosis virus (ToCV): relações com a Bemisia tabaci biótipo B e eficiência de um inseticida no controle da transmissão do ToSRV*. 2012. 74p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP, 2012.

GHANIM, M.; MORIN, S.; CZOSNEK, H. Rate of *Tomato yellow leaf curl virus* translocation in the circulative transmission pathway of its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. **Phytopathology**, v. 91, p. 188-196, 2001.

GIORDANO, L. B.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, J. B. C.; INOUE-NAGATA, A. K.; BOITEUX, L. S. Efeito da infecção precoce por *Begomovirus* com genoma bipartido em características de frutos de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 815-818, 2005.

GREEN, R. H. Application of repeated measures designs in environmental impact and monitoring studies. **Australian Journal of Ecology**, v. 18, p. 81-98, 1993.

HURLBERT, S. H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monographs**, v. 54, p. 187-211, 1984.

JIU, M.; ZHOU, X. P.; TONG, L.; XU, J.; YANG, X.; WAN, F. H.; LIU, S. S. Vector-virus mutualism accelerates population increase of an invasive whitefly. **Plos One**, v. 2, e182, 2007.

KANG, S. S.; ATHAR, M.; CHEEMA, S. S. Physiological changes in cotton infected with *Cotton leaf curl virus*. **Plant Disease Research**, v. 9, p. 193-195, 2003.

KAUR, G.; SOHAL, B. S.; SINGH, J.; BAJAJ, K. L. Influence of *Cotton leaf curl virus* on the polyphenol metabolism of resistant and susceptible cotton leaves. **Plant Disease Research**, v. 13, p. 23-27, 1998.

KEMPEMA, L. A.; CUI, X.; HOLZER, F. M.; WALLING, L. L. *Arabidopsis* transcriptome changes in response to phloem-feeding silverleaf whitefly nymphs: similarities and distinctions in responses to aphids. **Plant Physiology**, v. 143, p. 849-865, 2007.

LEE, Y. S.; LEE, S. Y.; PARK, E. C.; KIM, J. H.; KIM, G. H. Comparative toxicities of pyriproxyfen and thiamethoxam against the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal Asia-Pacific Entomology**, v. 1, p. 117-122, 2002.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 53, p. 53-59, 1994.

LUAN, J. B.; YAO, D. M.; ZHANG, T.; WALLING, L. L.; YANG, M.; WANG, Y. J.; LIU, S. S. Suppression of terpenoid synthesis in plants by a virus promotes its mutualism with vectors. **Ecology Letters**, v. 16, p. 390-398, 2013a.

\_\_\_\_\_; WANG, Y. L.; WANG, J.; WANG, X. W.; LIU, S. S. Detoxification activity and energy cost is attenuated in whiteflies feeding on *Tomato yellow leaf curl China virus*-infected tobacco plants. **Insect Molecular Biology**, v. 22, n. 5, p. 597-607, 2013b.

MCKENZIE, C. L. Effect of *Tomato mottle virus* (ToMoV) on *Bemisia tabaci* biotype B (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition and adult survivorship on healthy tomato. **Florida Entomology**, v. 85, p. 367-368, 2002.

NOZAKI, D. N.; KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M. A. Begomovírus infectando a cultura de pimentão no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 36, p. 244-247, 2010.

OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, v. 20, p. 709-723, 2001.

PIETERSE, C. M. J.; DICKE, M. Plant interactions with microbes and insects: from molecular mechanisms to ecology. **Trends in Plant Science**, v. 12, p. 564-568, 2007.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; MARTINS, C. B. C.; PELLEGRINO, A. C.; ZARBIN, P. H. G. Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. **Química Nova**, v. 36, n. 9, 2013.

PUNTENER, W. **Manual for field trials in plant protection**. 2. ed. Agricultural Division, Ciba-Geigi Limited, 1981. 271p.

ROCHA, C. S. **Variabilidade e estrutura genética de populações de begomovírus em tomateiro e plantas daninhas em seis localidades do sudeste brasileiro**. 2011. 127p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

ROMAY, G. et. al. Transmisión del Tomato Venezuela virus por *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), en Maracaibo, Venezuela. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 266-274, 2010.

RUBINSTEIN, G.; CZOSNEK, H. Long-term association of *Tomato yellow leaf curl virus* with its whitefly vector *Bemisia tabaci*: effect on the insect transmission capacity, longevity and fecundity. **Journal of General Virology**, v. 78, p. 2683-2689, 1997.

SANTOS, C. D. G.; ÁVILA, A. C.; RESENDE, R. O. Estudo da interação de um begomovírus isolado de tomateiro com a mosca branca. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 664-673, 2003.

SAS Institute. **SAS/STAT® 9.1 User's Guide**. Cary: SAS Institute. 2004.

SAUVION, N.; MAURIELLO, V.; RENARD, B.; BOISSOT, N. Impact of melon accessions resistant to aphids on the demographic potential of silverleaf whitefly. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 557-567, 2005.

SIDHU, J. S.; MANN, R. S.; BUTTER, N. S. Deleterious effects of *Cotton leaf curl virus* on longevity and fecundity of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). **Journal of Entomology**, v. 6, p. 62-66, 2009.

SILVA, L. D.; OMOTO, C.; BLEICHER, E.; DOURADO, P. M. Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 116-125, 2009.

STOUT, M. J.; THALER, J. S.; THOMMA, B. P. H. J. Plant-mediated interactions between pathogenic microorganisms and herbivorous arthropods. **Annual Review Entomology**, v. 51, p. 663-689, 2006.

TORRES, J. B.; SILVA-TORRES, C. S. A. Interação entre inseticidas e umidade do solo no controle do pulgão e da mosca-branca em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 949-956, 2008.

YANG, J. Y.; IWASAKI, M.; MACHIDA, C. bC1, the pathogenicity factor of TYLCCNV, interacts with AS1 to alter leaf development and suppress selective jasmonic acid responses. **Genes & Development**, v. 22, p. 2564-2577, 2008.

ZHANG, T.; LUAN, J. B; QI, J. F; HUANG, C. J.; LI, M.; ZHOU, X. P.; LIU, S. S. Begomovirus–whitefly mutualism is achieved through repression of plant defences by a virus pathogenicity factor. **Molecular Ecology**, v. 21, p. 1294-1304, 2012.

ZARATE, S. I.; KEMPEMA, L. A.; WALLING, L. L. Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual jasmonic acid defenses. **Plant Physiology**, v. 143, p. 866–875, 2007.

## **CAPÍTULO 2 - INSETICIDAS PARA CONTROLE DA MOSCA-BRANCA (*Bemisia tabaci*, biótipo B) E REDUÇÃO DA TRANSMISSÃO DE BEGOMOVÍRUS AO TOMATEIRO**

### **RESUMO**

A utilização de inseticidas é a principal ferramenta no controle da *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), porém pouco se sabe sobre a sua eficiência na redução da transmissão viral. Este trabalho teve por objetivos avaliar a eficiência de pesticidas na mortalidade de *B. tabaci* e na transmissão de begomovírus ao tomateiro. Para isso, foram testados dez inseticidas sintéticos, seis óleos (vegetais e mineral) e suas misturas. Cada planta foi pulverizada com 40 ml de calda. Adultos de mosca-branca, virulíferos para *Tomato severe rugose virus* – ToSRV, foram liberados em gaiolas de polietileno (50 indivíduos) contendo uma planta de tomateiro, cv. Viradoro, com 35 dias de idade. A mortalidade foi avaliada a 15 minutos, 3, 24, 48 e 120 horas. A transmissão viral foi avaliada 21 dias após início do experimento, considerando-se a sintomatologia da infecção e confirmação por PCR. Os dados de mortalidade, corrigidos pela testemunha, foram submetidos à ANOVA para medidas repetidas e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05\%$ ), enquanto a proporção de plantas infectadas por ToSRV foi comparada à testemunha pelo teste de qui-quadrado. Os dados relativos à severidade da doença foram submetidos à análise de Kruskal-Wallis, seguida pelo teste de Dunn ( $P < 0,05$ ). O ingrediente ativo (i.a.) lambda-cialotrina (106mg/L do i.a. na calda) + tiametoxam (141mg/L) apresentou os melhores resultados dentre os inseticidas sintéticos avaliados, reduzindo significativamente o número de moscas-brancas nos primeiros horários de avaliação, bem como a incidência e a severidade da doença. Somente lambda-cialotrina (106mg/L) + tiametoxam (141mg/L) e imidacloprido (70mg/L) propiciaram níveis de infecção de plantas por ToSRV (50-53%) menores em relação à testemunha (100%). Nenhum dos óleos testados isoladamente reduziu significativamente a taxa de plantas infectadas, embora o óleo de rícino 2% (v/v) e o óleo mineral Triona<sup>®</sup> 0,5% (v/v) tenham reduzido significativamente a severidade da doença e o número de moscas-brancas nos primeiros horários de avaliação. A mistura do melhor inseticida sintético (lambda-cialotrina+tiametoxam) com o melhor óleo (Triona<sup>®</sup>) apresentou os melhores resultados de mortalidade, incidência e severidade da doença dentre todos os tratamentos. Concluiu-se que, há pesticidas capazes de tanto controlar a população do vetor como também

reduzir a transmissão primária de ToSRV, e que o óleo mineral potencializa a ação desses produtos, sendo um importante componente no manejo deste complexo de pragas.

**Palavras-chave:** controle químico, resistência, *Solanum lycopersicum*, óleos.

## ABSTRACT

### PESTICIDES FOR CONTROL OF WHITEFLY (*Bemisia tabaci* biotype B) AND REDUCING THE TRANSMISSION OF THE TOMATO BEGOMOVIRUS

The insecticides are the main tool for the control of *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae), however its effectiveness in reducing the viral transmission is poorly understood. This study aimed to evaluate the efficiency of pesticides on the mortality (*B. tabaci*) and on transmission of a begomovirus to tomato plants. Ten synthetic insecticides, six oils (mineral and vegetable), and their mixtures were tested. Each plant was sprayed with 40 ml of insecticide solution. Adults of infective whiteflies viruliferous to *Tomato severe rugose virus* - ToSRV were released in polyethylene cages (50 individuals) containing a tomato plant, cv. Viradoro, with 35 days of age. Mortality was assessed at 15 min, 3, 24, 48 and 120 hours. Viral transmission was evaluated 21 days after initiation of the experiment, considering the infection symptoms and PCR analysis. The mortality rate (corrected by the control) was submitted to repeated measures ANOVA and the mean values were compared by Tukey test ( $p < 0,05\%$ ), while the proportion of infected plants (ToSRV) was compared to the control using the chi-square test. The disease severity was analyzed by Kruskal-Wallis followed by Dunn's test ( $p < 0,05\%$ ). The active ingredient (a.i.) lambda-cyhalothrin (106mg/L of a.i. in spray solution) + thiamethoxam (141mg/L) had the best results among the evaluated synthetic insecticides. Only lambda-cyhalothrin (106mg/L) + thiamethoxam (141mg/L) and imidacloprid (70mg/L) reduced the incidence of infected plants (50-53%) compared with the control (100%). The tested oils didn't significantly reduce the rate of infected plants, although the castor oil 2% (v/v) and mineral oil Triona<sup>®</sup> 0,5% (v/v) have significantly reduced the severity of the disease and the number of whiteflies in the first time points of evaluation. The mix of the best synthetic insecticide (lambda-cyhalothrin + thiamethoxam) with the best oil (Triona<sup>®</sup>) had the best results of mortality, incidence and disease severity among all treatments. It was concluded that there are pesticides able to control the vector population and reduce primary transmission of ToSRV by *B. tabaci*, the mineral oil enhances the action of these products and is an important tool in the management of this pest complex.

**Keywords:** chemical control, resistance, *Solanum lycopersicum*, oils.

## INTRODUÇÃO

A mosca-branca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B é uma importante praga agrícola mundial, por provocar severas perdas em diversas culturas (Oliveira et al., 2001; Sauvion et al., 2005). Este inseto causa injúrias diretas através do sequestro de nutrientes e indução de fitotoxemias (Schuster et al., 2001). As injúrias indiretas ocorrem pela deposição de substrato propício ao desenvolvimento de fungos saprofitos na superfície foliar e principalmente pela transmissão de viroses. Dentre os vírus transmitidos por moscas-brancas 90% pertencem ao gênero *Begomovirus*, 6% ao gênero *Crinivirus* e os 4% restantes aos gêneros *Ipomovirus* ou *Carlavirus* (Jones, 2003).

Os begomovírus (Geminiviridae) são transmitidos por moscas-brancas e se replicam, principalmente, nas células adjacentes aos vasos floemáticos de plantas dicotiledôneas. Estes vírus são transmitidos por adultos e ninfas de *B. tabaci* de maneira persistente e circulativa. Um dos begomovírus mais encontrados no Brasil é o *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) (Fernandes et al., 2008). Acredita-se que sua distribuição pelo país esteja estritamente associada à introdução e dispersão do biótipo B da *B. tabaci* na década de 1980 (Lourenção & Nagai, 1994).

Para o manejo de begomoviroses recomenda-se principalmente o plantio de cultivares tolerantes ao vírus e o controle do inseto vetor (Villas-Bôas & Castelo Branco, 2009). Apesar dos constantes avanços na resistência do tomateiro aos begomovírus, estes patógenos continuam causando grandes perdas à produção (Inoue-Nagata et al., 2009). O controle do inseto vetor com inseticidas sintéticos é a medida mais utilizada (Castle et al., 2009), porém pouco se sabe sobre sua interferência no ciclo de transmissão viral em tomateiro no Brasil (Freitas, 2012).

O ciclo de transmissão viral do ToSRV pode ser resumido na aquisição do vírus em planta infectada seguida da dispersão por *B. tabaci*. Quando o inseto que está disseminando o vírus na lavoura o adquiriu em planta situada fora do campo de produção ocorre a transmissão primária, enquanto que a transmissão secundária ocorre quando a aquisição do vírus pelo vetor se deu em plantas da área de produção. Devido às inter-relações existentes entre ToSRV e *B. tabaci* é mais difícil controlar a infecção primária que a secundária, pois o inseticida têm que agir mais rapidamente sobre o vetor. O tempo mínimo necessário para a *B. tabaci* transmitir o vírus para a planta é de apenas cinco minutos, enquanto que para se tornar transmissora são necessárias no mínimo 16 horas (Santos et al., 2003; Freitas, 2012).

Embora seja mais difícil, o controle da transmissão primária é crucial para conter o avanço do begomovírus no cultivo. Destaca-se que a eficiência de transmissão do ToSRV por *B. tabaci* é variável de acordo com o número de insetos virulíferos e o tempo de alimentação na planta (Chatterjee et al.,2008; Romay et al.,2010). Assim, quanto mais rápido o inseticida agir, maior a possibilidade de reduzir o número de plantas infectadas.

Óleos vegetais e minerais podem ser uma importante ferramenta para reduzir a transmissão viral, pois costumam expressar diferentes modos de ação incluindo repelência, deterrência, asfixia e aprisionamento. Além disso, os óleos podem potencializar a ação dos inseticidas sintéticos quando em mistura na calda de pulverização, atuando como adjuvante e/ou espalhante adesivo. Com relação ao controle alternativo da mosca-branca, a maioria das informações se restringe ao uso de óleo mineral e de óleo de sementes de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.), e na prática, tem-se verificado grande variabilidade na eficiência de controle e na fitotoxicidade dos produtos testados (Azevedo et al., 2005; Isman, 2006). Assim, tornam-se necessários estudos para determinar a viabilidade do emprego de óleos de origem vegetal e mineral no controle da mosca-branca na cultura do tomateiro.

Neste estudo foi avaliada a eficiência de inseticidas sintéticos, óleos (mineral e vegetais) e suas misturas sobre adultos de mosca-branca e, principalmente, a interferência destes na transmissão primária do ToSRV por *B. tabaci* biótipo B ao tomateiro. O estudo foi conduzido em três etapas, sendo a primeira constituída pela avaliação dos inseticidas sintéticos, a segunda pela avaliação dos óleos (vegetal e mineral) e a terceira pela avaliação da mistura do melhor óleo com os melhores inseticidas sintéticos.

## MATERIAL E MÉTODO

### Criação de insetos e fonte de begomovírus

Foram utilizados adultos de *B. tabaci* biótipo B, conhecidamente virulíferos e provenientes de criação massal mantida em casa de vegetação na Embrapa Hortaliças, em Brasília-DF. Os insetos foram alimentados com plantas de tomateiro, da cv. Viradoro, de 45 a 60 dias de idade, sendo cultivadas em vaso e infectadas naturalmente por um isolado do vírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV), coletado na região de Goiás. A confirmação da presença do vírus nas plantas da criação foi determinada por avaliação de sintomatologia visual, quinzenalmente. As plantas infectadas foram substituídas a cada vinte dias, visando garantir a máxima taxa de aquisição de vírus pelos insetos. Para os experimentos, os insetos foram coletados com auxílio de ponteiras (P1000), adaptadas a um sugador manual.

### Plantas de tomateiro

Foi utilizada a cv. Viradoro, variedade OP de crescimento determinado, altamente suscetível aos begomovírus, destinada ao processamento industrial e desenvolvido pela Embrapa Hortaliças - CNPH (Giordano, 2005). Para a produção das mudas foram empregadas bandejas de 72 células preenchidas com substrato comercial para hortaliças. Ao atingir 3-4 folhas verdadeiras as mudas foram transplantadas para vasos de 0,5 litros de capacidade onde permaneceram até completarem 5-7 folhas verdadeiras para então serem utilizadas nos estudos. Durante toda a pesquisa as plantas foram mantidas em gaiolas de madeira e de PVC recobertas por tecido voil, visando evitar a exposição das plantas ao inseto-vetor e a consequente infecção indesejada por begomovírus.

### Inseticidas Sintéticos

Foram avaliados os inseticidas representados na Tabela 1, além de uma testemunha constituída por água destilada. Foram utilizadas as doses máximas recomendadas para controle do inseto segundo o fabricante de cada inseticida (BRASIL, 2013).

### Óleos (vegetais e mineral)

Para avaliação da ação inseticida e redução na infecção viral foram avaliados seis óleos: 1) Azamax<sup>®</sup> 0,5% (inseticida comercial a base de óleo extraído da semente de nim, *A. indica*); 2) Natur'Oil<sup>®</sup> 0,5% (ésteres de ácidos graxos de origem vegetal); 3) Triona<sup>®</sup> 0,5% (hidrocarbonetos alifáticos = óleo mineral); 4) óleo de rícino 2% (Celeste Farma<sup>®</sup>) (extraído

da semente da mamona, *R. communis*); 5) óleo de gergelim 0,5% (extraído da semente de gergelim, *S. indicum*) e 6) Orobor<sup>®</sup> 0,5% (inseticida comercial a base de óleo de citrus). Para emulsificar a suspensão dos óleos de gergelim e rícino foi usado Tween 80 (polioxietileno-20-sorbitan monooleato – Dinâmica<sup>®</sup>) e o espalhante adesivo Du Fol<sup>®</sup> na concentração de 0,05% (v/v) cada. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador de pressão acumulada (Guarany<sup>®</sup>, capacidade de 1,25 L).

Para avaliação de fitotoxicidade foram avaliados os óleos de rícino, gergelim e Azamax<sup>®</sup> na concentração de 0,5%, 1% e 2% (v/v). Os óleos Triona<sup>®</sup>, Orobor<sup>®</sup> e Natur'Oil<sup>®</sup> foram testados apenas na concentração de 0,5%, por serem produtos comerciais com possibilidade de uso no controle da mosca-branca como adjuvantes aos inseticidas, em concentrações moderadas, tendo em vista que a concentração normalmente utilizada de um adjuvante na calda está entre 0,1 e 0,5% (v/v) (Vargas & Roman, 2006).

As avaliações de fitotoxicidade empregaram plantas com as mesmas características do experimento anterior, sendo mantidas em casa de vegetação livres da infestação por *B. tabaci*. Três aplicações sequenciais (intervalos de 5 dias) dos tratamentos apresentados acima foram realizadas com auxílio de pulverizador manual de pressão acumulada. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco repetições, cada repetição representada por uma planta. As plantas foram avaliadas cinco dias após a última aplicação dos tratamentos para presença e ausência dos sintomas, sendo: necrose foliar; encarquilhamento das folhas; mudanças na textura e alterações na cor.

### **Misturas de óleo e inseticidas sintéticos**

Neste experimento foram avaliadas as misturas de óleo mineral Triona<sup>®</sup> (hidrocarbonetos alifáticos; Basf) com os inseticidas tiametoxam, imidacloprido, imidacloprido+beta-ciflutrina e tiametoxam+lambdacialotrina. Para os inseticidas sintéticos foram utilizadas as doses máximas recomendadas para controle da mosca-branca segundo o fabricante (Tabela 1); enquanto para o óleo mineral Triona<sup>®</sup> adotou-se a concentração de 0,5% (v/v) na calda pulverizada.

### **Metodologia experimental**

O estudo foi realizado com plantas de tomateiro acondicionadas em gaiolas plásticas e mantidas em sala climatizada, com temperatura de 25±2°C, UR de 52% e fotofase de 12

horas, sendo os tratamentos dispostos no delineamento de blocos ao acaso. Foram realizados três experimentos sendo que o primeiro experimento relativo aos inseticidas sintéticos continha 30 repetições, o segundo experimento relativo aos óleos vegetais e mineral continha 30 repetições, e o terceiro experimento relativo à mistura dos melhores inseticidas com o melhor óleo continha 15 repetições.

Os tratamentos foram aplicados com pulverizador de pressão acumulada (Guarany<sup>®</sup>, capacidade de 1,25 L).

Plantas de tomateiro (cv. Viradoro), com 5-7 folhas verdadeiras, sadias e livres de infestação da mosca-branca, foram pulverizadas com os tratamentos (50 mL de calda/planta) até o ponto de escorrimento e após a completa secagem das folhas, em cada vaso (contendo uma planta) foi instalada uma gaiola cilíndrica de polietileno transparente com a abertura superior revestida por organza, no interior da qual foram liberados 50 adultos virulíferos de *B. tabaci* (Figura 1).



**Figura 1:** Unidade experimental formada por uma planta de tomateiro (cv. Viradoro) cultivada em vaso de 0,5L recoberto por gaiola de polietileno transparente vedada com tecido de organza na parte superior.

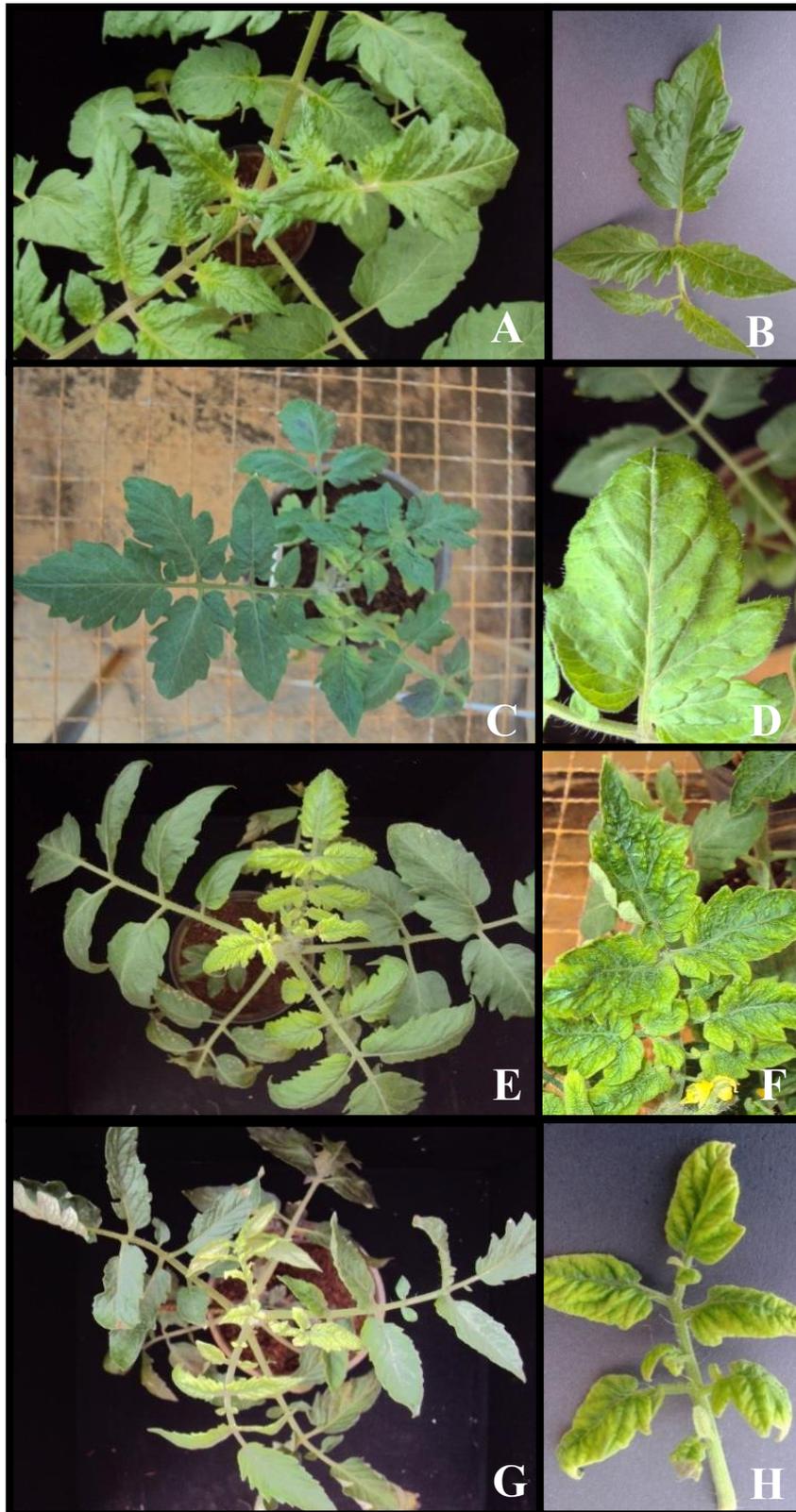
Em cada experimento, a mortalidade de adultos foi avaliada após 15min, 3, 24, 48 e 120 horas da instalação do ensaio, mediante contagem dos insetos vivos e mortos na planta e na superfície do solo coberta com tecido preto para facilitar a contagem. Após a última avaliação, às 120 h após o início dos ensaios, as plantas foram transferidas para outro ambiente, todos os adultos de *B. tabaci* remanescentes foram retirados e os inseticidas

fenpropratrina (Danimen<sup>®</sup> 300 EC, 150mg do i.a./L água) e tiametoxam (Actara<sup>®</sup>, 50 mg do i.a./L água) foram pulverizados para matar ovos, ninfas e adultos remanescentes. Em seguida, as plantas foram transferidas para outra casa de vegetação livre da infestação de mosca-branca. Inspeções diárias das plantas confirmaram esta condição que, quando violada, era seguida da aplicação de inseticidas eficientes, segundo resultados de ensaios preliminares.

A avaliação da transmissão de begomovírus ao tomateiro foi efetuada aos 21 dias após a aplicação dos tratamentos, a partir da determinação da incidência de plantas infectadas e da severidade da doença. Para tal utilizou-se um índice de severidade da doença adaptado da escala visual de notas proposta por Lapidot et al. (2006), sendo:

- 0 = ausência de sintomas (Figura 2, A e B);
- 1 = leves sintomas de clorose internerval e mosqueado dos folíolos (Figura 2, C e D);
- 2 = severos sintomas de mosaico, enrugamento dos folíolos, clorose internerval e epinastia (Figura 2, E e F); e,
- 3 = mosaico, enrugamento severo e nanismo (Figura 5, G e H).

Adicionalmente, foram coletados três folíolos do ápice de cada planta para se confirmar a presença do vírus por meio de PCR.



**Figura 2:** Índice de severidade da doença. Nota 0 (A e B): plantas assintomáticas. Nota 1 (C e D): leves sintomas de clorose interveinal e mosqueado dos folíolos. Nota 2 (E e F): severos sintomas de mosaico, enrugamento dos folíolos, clorose internerval e epinastia. Nota 3 (G e H): severos sintomas de mosaico, enrugamento dos folíolos, clorose internerval, epinastia e nanismo.

**Tabela 1.** Moléculas testadas no controle de *Bemisia tabaci* biótipo B.

<b>Nome Técnico (Grupo químico)</b>	<b>Nome Comercial</b>	<b>Concentração<sup>1</sup> (mg/L)</b>	<b>Ação/ Impacto no inseto</b>
Acefato (Organofosforado)	Orthene <sup>®</sup> 750 BR	750	Contato e ingestão. Mortalidade de adultos e ninfas
Clotianidina (Neonicotinóide)	Focus <sup>®</sup> 500 WP	100	Sistêmico, contato e ingestão. Reduz alimentação e movimentação de adultos
Diafentuirom (Feniltiuréia)	Polo <sup>®</sup> 500 WP	1330	Contato e ingestão.
Espiromesifeno (Cetoenol)	Oberon <sup>®</sup> SC	288	Contato e ingestão. Atua em ovos, ninfas e adultos.
Imidacloprido (Neonicotinóide)	Evidence <sup>®</sup> 700 WG	466	Sistêmico, contato e ingestão. Reduz alimentação e movimentação de adultos
Lambda-cialotrina (Piretróide)	Karate Zeon <sup>®</sup> 50 SC	60	Contato e ingestão. Efeito “knock down”.
Pimetrozina (Piridina Azomectina)	Chess <sup>®</sup> 500 WG	200	Sistêmico. Causa bloqueio na alimentação do inseto.
Tiametoxam (Neonicotinóide)	Actara <sup>®</sup> 250 WG	50	Sistêmico, contato e ingestão. Reduz alimentação e movimentação de adultos
Beta-ciflutrina (Piretróide) + Imidacloprido (Neonicotinóide)	Connect <sup>®</sup> SC	8,75 + 70	Sistêmico, ,contato e ingestão. Reduz alimentação e movimentação de adultos Efeito “knock down”.
Lambda-cialotrina (Piretróide) + Tiametoxam (Neonicotinóide)	Engeo Pleno <sup>®</sup> SC	106 + 141	Sistêmico, contato e ingestão. Reduz alimentação e movimentação de adultos. Efeito “knock down”.

Fonte: Villas Bôas & Castelo Branco, 2009; BRASIL, 2013; Poletti & Alves, 2013.

<sup>1</sup> Em mg do ingrediente ativo por litro de água

### **Extração do DNA total das plantas**

A extração do DNA total das plantas de tomate foi realizada com aproximadamente 3 cm<sup>2</sup> de material vegetal inserido em micro tubos de 2,0ml contendo cinco microesferas de metal e 750µl de tampão CTAB (2% CTAB, 0,1M Tris, 1,4M de NaCl, 20mM de EDTA e 0,2% de 2-β-mercaptoenol). O material foi macerado em dois ciclos de 30 seg a 2000 rpm no agitador Precellys (Bertin Technologies) e incubado por cinco min à 65°C. Após a maceração foram adicionados 750 µl de clorofil (96% Clorofórmio e 4% Álcool Isopropílico) e agitados em vórtex. Em seguida, o material foi centrifugado por 10 min a 9.000 rpm em microcentrífuga, 450 µl do sobrenadante foi transferido para novo tubo contendo 300 µl de isopropanol. Os tubos contendo essa solução foram levemente agitados e permaneceram 20 minutos em temperatura ambiente para precipitação do DNA. A seguir, procedeu-se centrifugação do material por 10 min a 12.000 rpm. O sobrenadante foi descartado cuidadosamente preservando o precipitado no tubo. Para lavagem do precipitado foram adicionados 300 µl de etanol 70% resfriado e a seguir centrifugado por três minutos a 12.000 rpm. O sobrenadante foi retirado e o precipitado ressuspendido em 200 µl de água pura. O material foi armazenado à -20°C para análises posteriores.

### **Avaliação de infecção viral na planta**

O DNA total extraído das plantas do experimento foi amplificado por meio da técnica PCR com primers universais [PARc496 (GGCTTYCTRACATRGG) e PALv1978 (GCCACATYGTCTTYCCNGT)] para detecção de begomovírus (Rojas et al., 1993). O mix da reação foi composto por 1 µL do Tampão 10X PCR Rxn (Tris-HCL 100mM, pH 8,3 e KCl 500mM, Invitrogen) da enzima Taq polimerase, 0,8 µL de MgCl<sub>2</sub> (50mM, Invitrogen), 0,4 µL de dNTPs (10 mM, Invitrogen), 0,1 µL de cada primer (10 mM), 1 µL de DNA total, 6,5 µL de água estéril e 0,1 µL da enzima Taq polimerase (5U/ µL, Invitrogen). A programação utilizada no PCR foi 94°C por 5min e 30 ciclos de 94°C por 30seg, 55°C por 1min e 72°C por 90 segundos, finalizando com 5 min a 72°C.

### **Análises estatísticas**

Os dados de mortalidade de *B. tabaci* foram corrigidos pela respectiva testemunha em cada momento de avaliação, mediante a fórmula de Schenneider-Orelli (Püntener, 1981). Os dados de mortalidade corrigida e de severidade da doença foram previamente submetidos a testes para atestar a condição de normalidade e homogeneidade de variâncias e,

subsequentemente, foram transformados quando necessário para que tais pressupostos estatísticos fossem atendidos. Desde que a mortalidade dos insetos foi avaliada ao longo do tempo na mesma unidade amostral, os dados foram submetidos à análise de variância para medidas repetidas (PROC ANOVA com especificação Contrast), tendo os momentos de avaliação como medidas repetidas. A comparação entre médias dos tratamentos foi realizada dentro de cada momento de avaliação pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

A proporção de plantas infectadas por ToSRV nos diferentes tratamentos foi comparada à testemunha pelo teste de qui-quadrado (tabela de contingência 2x2), com correção de Yates. Os dados relativos à severidade da doença foram submetidos à análise de Kruskal-Wallis, seguida pelo teste de Dunn baseado na diferença entre postos (ranks) de tratamentos ( $P < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas no software SAS versão 9.1 (SAS Institute, 2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento 1 - Inseticidas sintéticos empregados no controle de *B. tabaci* biótipo B e na redução da transmissão de begomovírus ao tomateiro

Houve diferença significativa na mortalidade de *B. tabaci* entre os inseticidas ao longo do tempo (inseticida: G.L. = 9, 261; F = 103,89; P = 0,0001; interação inseticida x tempo: G.L. = 36, 1044; F = 32,93; P = 0,00001) (Tabela 2). Nenhum inseticida ocasionou mortalidade de adultos superior a 30% nas primeiras três horas de exposição dos insetos e os maiores níveis de mortalidade ocorreram a partir de 48 horas.

Nas avaliações de 15 minutos e 3 horas de exposição, os ingredientes ativos tiametoxam + lambda-cialotrina e tiametoxam apresentaram mortalidade significativamente maior de *B. tabaci* em relação aos demais inseticidas (Tabela 2). Um dia após o início do experimento (24h), constatou-se mortalidade de adultos superior a 84% em plantas pulverizadas com tiametoxam+lambda-cialotrina, o qual diferiu estatisticamente dos ingredientes ativos tiametoxam, diafentiurom e imidacloprido, que por sua vez, ocasionaram mortalidade entre 59% e 65%. Nos demais inseticidas a mortalidade variou entre 11% e 47%.

**Tabela 2.** Mortalidade corrigida acumulada (%) de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B após exposição entre 15 minutos e 120 horas a inseticidas sintéticos pulverizados em plantas de tomateiro mantidas em gaiolas de polietileno.

Tratamento	Avaliação <sup>1</sup>				
	15 min.	3h	24h	48h	120h
Pimetrozina	0,00 ± 0,00 bD	0,24 ± 0,11 eD	11,07 ± 2,15 fC	19,33 ± 3,06 eB	41,02 ± 5,44 eA
Acefato	0,00 ± 0,00 bC	0,06 ± 0,04 eC	16,81 ± 3,34 eB	21,74 ± 3,51 eB	45,30 ± 3,84 dA
Clotianidina	0,00 ± 0,00 bC	0,81 ± 0,20 e cC	43,25 ± 2,39 cB	79,15 ± 2,59 bA	88,34 ± 2,31 bA
Diafentiurom	0,00 ± 0,00 bD	0,32 ± 0,11 eD	59,77 ± 4,21 bC	81,22 ± 2,67 bB	99,13 ± 0,40 aA
Imidacloprido+Beta-ciflutrina	0,91 ± 0,35 bD	5,64 ± 0,80 cC	48,15 ± 2,61 cB	96,84 ± 0,64 aA	99,67 ± 0,14 aA
Tiametoxam+Lambda-cialotrina	8,62 ± 1,00 aD	28,95 ± 3,25 aC	84,35 ± 1,70 aB	99,73 ± 0,16 aA	100,00 ± 0,00aA
Imidacloprido	0,76 ± 0,21 bD	7,23 ± 1,11 cC	59,31 ± 2,57 bB	98,55 ± 0,54 aA	100,00 ± 0,00aA
Espiromesifeno	0,89 ± 0,35 bD	1,97 ± 0,46 eD	17,23 ± 2,35 eC	40,65 ± 3,24 dB	85,29 ± 2,34 bA
Lambda-cialotrina	0,74 ± 0,25 bC	4,44 ± 1,04 dC	29,48 ± 5,32 dB	62,80 ± 5,70 cA	71,42 ± 5,66 cA
Tiametoxam	6,46 ± 1,30 aD	19,09 ± 2,44 aC	65,60 ± 2,98 bB	95,66 ± 1,50 aA	99,31 ± 0,34 aA

<sup>1</sup>Média ± EPM. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a P < 0,05.

Às 48h após início do ensaio, os ingredientes ativos tiametoxam+lambda-cialotrina, imidacloprido, imidacloprido+beta-ciflutrina e tiametoxam apresentaram os maiores níveis de mortalidade (95-99%), diferindo dos demais tratamentos. Cinco dias após o início do experimento (120h) a maioria dos ingredientes ativos proporcionou mortalidade superior a 70%, com destaque para tiametoxam+lambda-cialotrina, imidacloprido, imidacloprido+beta-ciflutrina, tiametoxam e diafentiuron; apenas pimetozina e acefato ocasionaram níveis de mortalidade inferiores a 50% (Tabela 2). O ingrediente ativo diafentiuron provocou fitotoxidez aguda nas plantas de tomateiro, mesmo após a dosagem recomendada pelo fabricante ter sido reduzida pela metade.

Houve alta incidência de ToSRV (>77%) na maioria dos tratamentos. Apenas os ingredientes ativos tiametoxam+lambda-cialotrina e imidacloprido reduziram significativamente a proporção de plantas infectadas com begomovírus (qui-quadrado:  $P < 0,05$ ) e a severidade da doença (Kruskal-Wallis: G.L. = 10; H = 120,408;  $P < 0,001$ ). Os demais tratamentos não afetaram a incidência e a severidade da begomovirose nos tomateiros (Tabela 3). Estes resultados demonstraram que o tiametoxam+lambda-cialotrina e o imidacloprido foram promissores como inseticidas para controlar *B. tabaci* e podem interferir na transmissão de begomovírus ao tomateiro.

Os estudos de laboratório sobre a eficiência dos inseticidas geralmente são realizados em discos-foliares ou folhas imersas na solução inseticida, sendo sua realização em plantas pouco comum. Este experimento apresentou discrepâncias em relação aos resultados de mortalidade no tempo quando comparado aos resultados obtidos no experimento empregando metodologia de discos-foliares imersos na solução inseticida (Capítulo 1). Quando os ensaios foram realizados com discos-foliares de feijoeiro os ingredientes ativos Diafentiuron e Pimetozina provocaram mortalidades muito superiores às verificadas no experimento utilizando plantas de tomateiro, enquanto o Acefato e Tiametoxam provocaram mortalidade consideravelmente inferiores. A utilização de plantas possui a vantagem de permitir analisar a transmissão viral, por possibilitar uma ação do inseticida que se aproxima mais da realidade (principalmente quanto à ação sistêmica apresentada por muitos produtos) e reduzir o estresse sofrido pelo inseto no processo de manipulação e confinamento em ambiente artificial. Horowitz & Ishaaya (1995) observaram que a eficiência dos inseticidas muitas vezes é potencializada em condições de laboratório, apresentando respostas diferentes em condições de campo ou casa de vegetação. Castle & Prabhaker (2013) afirmam que o estresse dos insetos pode influenciar na sua susceptibilidade aos inseticidas. Estes fatos podem explicar as

altas mortalidades ocasionadas em *B. tabaci* pelo Diafentiurom e pela Pimetrozina em disco-foliar, enquanto o melhor desempenho do Tiametoxam e Acefato em plantas pode estar relacionado à sua ação sistêmica no organismo vegetal.

**Tabela 3.** Transmissão viral por ToSRV e severidade da begomovirose em plantas de tomateiro, cv. Viradoro, pulverizadas com diferentes inseticidas sintéticos para controle do vetor *Bemisia tabaci* biótipo B. Brasília-DF, 2013.

Tratamento	Plantas infectadas		Severidade da begomovirose	
	Pl. inf./Total <sup>1</sup>	%	$\sum$ Sintomatologia <sup>2</sup>	Média <sup>3</sup>
Pimetrozina	30/30 ns	100	76	2,5 a
Acefato	30/30 ns	100	84	2,8 a
Clotianidina	30/30 ns	100	67	2,2 b
Diafentiurom	29/30 ns	97	72	2,4 b
Imidacloprido +Beta ciflutrina	23/30 ns	77	58	1,9 b
Tiametoxam + Lambda-cialotrina	15/30 *	50	21	0,7 c
Imidacloprido	16/30 *	53	30	1,0 c
Espiromesifeno	30/30 ns	100	89	2,9 a
Lambda-cialotrina	27/30 ns	90	68	2,2 b
Tiametoxam	29/30 ns	97	78	2,8 a
Testemunha	30/30	100	86	2,8 a

<sup>1</sup> Proporções marcadas com asterisco diferem estatisticamente da testemunha, pelo teste de qui-quadrado (tabela de contingência 2x2; P < 0,05). ns = não significativo; não difere da testemunha.

<sup>2</sup> Somatório das notas de severidade da doença atribuídas às plantas do respectivo tratamento.

<sup>3</sup> Médias de severidade da doença (escala de notas) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunn (não-paramétrico), baseado na diferença entre postos (ranks) (P < 0,05).

Pela metodologia utilizada neste estudo poucos inseticidas reduziram significativamente o percentual de plantas infectadas com ToSRV e a severidade da doença. Resultados semelhantes foram relatados por Castle et. al. (2009) e Freitas (2012). A explicação para esses resultados pode residir no fato de que *B. tabaci* biótipo B necessita de um PAI de apenas cinco minutos para conseguir transmitir ToSRV ao tomateiro com 10% de eficiência e de 24 horas para atingir a eficiência de 75% (Freitas, 2012). Logo, para reduzir a transmissão, o

tratamento deve ser letal nos primeiros momentos de contato do vetor com a planta e/ou modificar o comportamento alimentar do inseto.

Neste experimento, o inseticida que apresentou a maior velocidade de ação foi o que continha a mistura dos ingredientes ativos tiametoxam+lambda-cialotrina. Após 15 minutos de exposição dos insetos aos tratamentos, o referido inseticida provocou mortalidade próxima a 10% e no período de 24 horas mortalidade acima de 80%. Adicionalmente, este mesmo inseticida foi capaz de reduzir a incidência da doença pela metade em relação à testemunha (Tabela 3). Os resultados sugerem que essa combinação de ingredientes ativos de ação sistêmica (tiametoxam), contato e ingestão (lambda-cialotrina) além de provocar alta mortalidade de *B. tabaci*, apresenta algum efeito secundário que interfere no processo de transmissão viral.

O ingrediente ativo tiametoxam não apresentou desempenho similar em relação à combinação tiametoxam+lambda-cialotrina, embora tenham diferido quanto à mortalidade apenas na avaliação de 24 horas. A diferença entre os dois produtos com relação à interferência na transmissão de ToSRV provavelmente está associada às concentrações dos ingredientes ativos nas caldas de pulverização (segundo a dose máxima recomendada pelo fabricante). O produto Engeo Pleno<sup>®</sup> possui como recomendação de uso na calda de pulverização para o controle de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro 141 mg/L de tiametoxam e 106 mg/L de lambda-cialotrina. A dose recomendada do produto Actara<sup>®</sup> 250 WG para o controle da mosca-branca contém 50 mg/L de tiametoxam. A diferença na concentração do tiametoxam (que é quase o triplo) somada a presença do piretróide lambda-cialotrina tornou o produto Engeo Pleno<sup>®</sup> a melhor alternativa de controle testada neste experimento. Pela mesma razão, o inseticida lambda-cialotrina (Karatê Zeon<sup>®</sup> 50 CS [60 mg do i.a./L de água]) foi ineficiente quando aplicado exclusivamente.

O imidacloprido (Evidence<sup>®</sup> 700 WG) também apresentou mortalidades satisfatórias nas primeiras 24 horas do experimento, conseguindo reduzir significativamente a incidência de ToSRV nas plantas de tomateiro. O mesmo não ocorreu com a mistura de ingredientes ativos imidacloprido+beta-ciflutrina (Connect<sup>®</sup>) apresentando resultados insatisfatórios. O fato também pode ser explicado pelas diferenças de concentração dos ingredientes ativos. O inseticida Evidence<sup>®</sup> 700 WG possui na calda de pulverização 466 mg/L de imidacloprido enquanto o produto Connect<sup>®</sup> apresenta 70 mg/L de imidacloprido + 8,75 mg/L de Beta-ciflutrina. A discrepância na concentração do imidacloprido parece ser o principal fator para explicar as diferenças obtidas no controle da transmissão viral entre esses dois produtos já que

a eficiência do imidacloprido na redução da incidência de doenças transmitidas por vetores é relatada em diversos trabalhos (Gourmet et al., 1994; Cahill et al., 1996; Gourmet et al., 1996; Gray et al., 1996; Polston & Anderson, 1997; Rubinstein et al., 1999; Ahmed et al., 2001) sendo relacionada a efeitos anti-alimentares provocados no inseto (Nauen, 1995; Nauen et al., 1998; He et al., 2013).

O efeito do imidacloprido no comportamento alimentar da *B. tabaci* biótipo B foi avaliado utilizando a técnica do EPG - *Electrical Penetration Graph* (He et al., 2013). Este inseticida ocasiona redução significativa no tempo de atividade do aparelho bucal do inseto no floema da planta, aumento do tempo de atividade fora do floema e redução na deposição de *honeydew* indicando que o imidacloprid reduz a alimentação do inseto. Tais efeitos são favoráveis no controle de vírus que circula no floema, como os begomovírus, pois a alimentação nos demais tecidos apresenta baixa taxa de infecção (Jiang et al., 2000).

Ahmed et al. (2001) também demonstraram que a aplicação de imidacloprido em tomateiro foi capaz de reduzir significativamente a incidência do *Tomato yellow leaf curl virus* - TYLCV. Rubinstein et al. (1999) constataram que embora apresente alta eficácia na redução da incidência do vírus, o imidacloprido não provocou mortalidade nas moscas-brancas antes que houvesse transmissão do vírus para planta, corroborando com os resultados obtidos neste experimento.

O baixo número de inseticidas capazes de reduzir significativamente a porcentagem de plantas infectadas também pode estar relacionado à quantidade de moscas-brancas em cada planta. Nestes ensaios foi utilizada a proporção de 50 adultos por planta, esta infestação pode ser considerada alta, admitindo-se que todos os insetos estejam virulíferos. Neste experimento o tiametoxam não reduziu a incidência ou severidade da doença significativamente. Por outro lado, Mason et al. (2000) utilizando a proporção de cinco adultos virulíferos por planta, encontraram alta eficiência do tiametoxam no controle da transmissão de TYLCV para plantas de tomateiro por *B. tabaci* biótipo B. Os autores também verificaram que as testemunhas apresentaram a proporção de 20/32 (nº de plantas infectadas/ nº total de plantas) enquanto o tratamento foliar com o princípio ativo tiametoxam a reduziu para 1/32.

As diferenças significativas na severidade da begomovirose proporcionadas por alguns inseticidas (Tabela 3) devem-se não apenas à diminuição no número de plantas infectadas, como também à redução na quantidade de vírions inoculados em cada planta pelos vetores. Esta redução pode ser atribuída à velocidade de ação dos inseticidas e ainda as suas possíveis interferências no hábito alimentar do inseto.

De acordo com a metodologia utilizada neste trabalho poucos inseticidas foram eficientes contra o vetor e em reduzir a transmissão primária de ToSRV por *B. tabaci* biótipo B. Mesmo os inseticidas que reduziram significativamente a transmissão primária, apresentaram valores finais de incidência viral ainda elevados (entorno de 50%) e suficientes para ocasionar perdas consideráveis na produção de tomate. Portanto, o controle químico direcionado a adultos da mosca-branca não deve ser a única opção de manejo dos begomovírus. Outras medidas complementares (cultivares tolerantes à virose, vazios sanitários, eliminação de plantas daninhas, dentre outras) devem ser adotadas para conter a infecção primária do vírus nos cultivos de tomateiro. Concomitantemente, inseticidas altamente eficientes contra ninfas, devem ser usados no momento apropriado, para se reduzir a infecção secundária (entre plantas) dentro da lavoura.

## Experimento 2 - Óleos vegetais e mineral para controle da *Bemisia tabaci* biótipo B e redução da transmissão de begomovírus ao tomateiro

### Fitotoxidez

As plantas de tomateiro tratadas com óleo de gergelim apresentaram sintomas de fitotoxidez nas concentrações de 1,0% e 2,0%, com alterações na cor e textura da planta, necrose e encarquilhamento. Nessas concentrações o óleo de rícino provocou amarelecimento das folhas mais velhas. Aplicações sequenciais com óleo de nim (Azamax<sup>®</sup>) provocaram sintomas de fitotoxidez nas concentrações de 1,0% e 2,0%, começando com alterações na textura da planta (enrugamento) e mudanças na coloração das folhas (amarelecimento), evoluindo para a presença de pontos necróticos. Plantas que receberam aplicações de Natur'L Óleo<sup>®</sup>, Triona<sup>®</sup> e Orobor<sup>®</sup> na concentração de 0,5% (v/v) não apresentaram sintomas de fitotoxidez.

**Tabela 4.** Sintomas de fitotoxicidade exibido por plantas de tomateiro após pulverizações sequenciais de óleos vegetais e mineral.

Tratamentos		Características avaliadas			
Óleos	Dose na calda (%)	Necrose	Encarquilhamento	Textura	Cor
Gergelim	0,5	0	0	0	0
	1,0	0	1	1	1
	2,0	1	1	1	1
Rícino	0,5	0	0	0	0
	1,0	0	0	0	1
	2,0	0	0	0	1
Azamax <sup>®</sup>	0,5	0	0	0	0
	1,0	0	0	1	1
	2,0	1	0	1	1
Natur'L Óleo <sup>®</sup>	0,5	0	0	0	0
Óleo mineral	0,5	0	0	0	0
Orobor <sup>®</sup>	0,5	0	0	0	0

1 - Presença; 0 – Ausência

Os óleos minerais e vegetais atuam na planta dissolvendo membranas celulares e gorduras componentes da cutícula, provocando muitas vezes o extravasamento do conteúdo celular. Esta modificação das estruturas celulares permite melhor absorção foliar dos componentes inseticidas presentes no óleo ou no agrotóxico com o qual o óleo foi aplicado como adjuvante (Vargas & Roman, 2006). Entretanto, danos excessivos provocam diversas desordens que culminam com a redução da produtividade ou até mesmo morte das plantas. Esta ação prejudicial é denominada fitotoxicidez (Rodrigues & Childers, 2002).

Nem todos os produtos avaliados neste estudo já foram avaliados anteriormente com relação aos efeitos causados ao tomateiro ou a outras culturas. Em muitos casos, os autores não apresentaram informações referentes à fitotoxicidade nas plantas que foram tratadas com óleo vegetal ou mineral em seus estudos.

Problemas de fitotoxicidade provocados por óleo de nim são conhecidos e variam de acordo com a espécie vegetal (Martinez, 2002). Em tomateiro, Carneiro (2003) encontrou que doses de 1% e 2% (v/v) do produto ACENim<sup>®</sup> (5% de Azadiractina no produto comercial) provocaram enrijecimento de folhas, tornando-as mais quebradiças e brotações novas apresentaram escurecimento nas nervuras. A dose de 0,5% não apresentou efeito fitotóxico em tomateiro, corroborando com os resultados obtidos neste experimento.

Com base nos dados de fitotoxicidade, esses óleos em tomateiro devem ser usados na concentração máxima de 2% para o óleo de rícino (já que o leve amarelecimento de folhas mais velhas foi considerado um sintoma desprezível) e de 0,5% para Orobor<sup>®</sup>, Triona<sup>®</sup>, Natur'l Óleo<sup>®</sup>, Azamax<sup>®</sup> e óleo de gergelim.

### **Mortalidade de adultos de *B. tabaci* e controle da transmissão viral**

Houve diferença significativa na mortalidade de *B. tabaci* entre os óleos ao longo do tempo (óleo: G.L. = 6, 174; F = 62,81; P = 0,0001; interação óleo x tempo: G.L. = 18, 522; F = 24,29; P = 0,00001). Nenhum óleo vegetal ou mineral e o inseticida padrão (tiametoxam) ocasionaram mortalidade de adultos superior a 12,5% nas primeiras três horas de exposição dos insetos (Tabela 5). Às 24h, apenas o óleo mineral (Triona<sup>®</sup>) propiciou mortalidade acima de 60%, não diferindo significativamente do Tiametoxam. O óleo de rícino apresentou posição intermediária proporcionando 52,7% de mortalidade, enquanto os óleos de gergelim, Azamax<sup>®</sup>, Natur'Oil<sup>®</sup> e Orobor<sup>®</sup> ocasionaram mortalidades entre 8% e 31%. Na avaliação final (às 48h), o óleo mineral e o óleo de rícino propiciaram mortalidades acima de 75%, e não diferiram significativamente do inseticida tiametoxam. Nesta etapa experimental, a

avaliação de 120 horas foi retirada, pois as testemunhas apresentaram mortalidade média superior a 15%.

**Tabela 5.** Mortalidade corrigida acumulada (%) de adultos de *B. tabaci* após exposição entre 15 minutos e 48 horas a óleos vegetais e mineral pulverizados em plantas de tomateiro mantidas em gaiolas de polietileno.

Tratamento	Avaliação <sup>1</sup>			
	15 min.	3h	24h	48h
Gergelim 0,5%	0,13 ± 0,07 aC	1,36 ± 0,37 bC	31,58 ± 5,31 cB	58,14 ± 5,33 bA
Rícino 2%	1,39 ± 0,43 aD	5,43 ± 1,03 cC	52,79 ± 3,70 bB	75,51 ± 3,09 aA
Azamax <sup>®</sup> 0,5%	0,06 ± 0,06 aC	0,63 ± 0,22 cC	26,37 ± 3,52 cB	50,27 ± 5,28 cA
Orobor <sup>®</sup> 0,5%	0,00 ± 0,00 aB	0,22 ± 0,11 cB	8,22 ± 1,52 cA	16,96 ± 4,19 dA
Natur'Oil <sup>®</sup> 0,5%	0,09 ± 0,06 aC	0,90 ± 0,40 cC	23,67 ± 2,76 cB	54,56 ± 5,13 cA
Óleo mineral 0,5%	0,00 ± 0,00 aC	0,90 ± 0,30 cC	61,09 ± 2,96 aB	83,27 ± 1,70 aA
Tiametoxam	1,46 ± 0,45 aD	12,47 ± 1,48aC	65,14 ± 4,34 aB	97,77 ± 1,14 aA

<sup>1</sup>Média ± EPM. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a  $P < 0,05$ .

Houve alta incidência de ToSRV (>80%) em todos os tratamentos (Tabela 6), inclusive no tratamento com tiametoxam. Os tratamentos não diferiram estatisticamente da testemunha (qui-quadrado:  $P < 0,05$ ). Apesar disso, verificou-se diferença significativa na severidade da doença entre os tratamentos (Kruskal-Wallis: G.L. = 7; H = 53,944;  $P < 0,001$ ). Plantas tratadas com o tiametoxam, o óleo mineral (Triona<sup>®</sup>) e o óleo vegetal de rícino, respectivamente, apresentaram menor severidade da begomovirose. Estes resultados mostraram que o óleo mineral e o óleo de rícino foram promissores para controle de *B. tabaci* e podem interferir na transmissão de begomovírus ao tomateiro. Por ter provocado a maior mortalidade de mosca-branca às 24 horas de exposição dos insetos e redução na severidade da doença, o óleo mineral foi selecionado para os estudos subsequentes.

**Tabela 6.** Transmissão viral por ToSRV e severidade da begomovirose em plantas de tomateiro, cv. Viradoro, pulverizadas com óleos vegetais e mineral. Brasília-DF, 2013.

Tratamento	Plantas infectadas		Severidade da doença	
	Pl. inf./Total <sup>1</sup>	%	$\sum_{\text{Sintomatologia}}^2$	Média <sup>3</sup>
Gergelim 0,5%	26/30 ns	86,7	73	2,43 ± 0,18 a
Rícino 2%	27/30 ns	90,0	62	2,07 ± 0,19 b
Azamax <sup>®</sup> 0,5%	28/30 ns	93,3	77	2,57 ± 0,15 a
Orobor <sup>®</sup> 0,5%	30/30 ns	100,0	82	2,73 ± 0,08 a
Natur'Oil <sup>®</sup> 0,5%	28/30 ns	93,3	70	2,33 ± 0,16 a
Óleo mineral 0,5%	25/30 ns	83,3	58	1,93 ± 0,20 b
Tiametoxam	23/30 ns	76,6	45	1,50 ± 0,20 c
Testemunha	30/30	100,0	88	2,93 ± 0,06 a

<sup>1</sup> Proporções marcadas com asterisco diferem estatisticamente da testemunha, pelo teste de qui-quadrado (tabela de contingência 2x2; P < 0,05). ns = não significativo; não difere da testemunha.

<sup>2</sup> Somatório das notas de severidade da doença atribuídas às plantas do respectivo tratamento.

<sup>3</sup> Médias de severidade da doença (escala de notas) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunn (não-paramétrico), baseado na diferença entre postos (ranks) (P < 0,05).

Dentre os óleos testados, o produto Triona<sup>®</sup> foi o que apresentou a maior mortalidade de moscas-brancas e redução significativa na severidade da doença, porém, não teve efeito sobre a incidência de plantas infectadas pelo ToSRV. Apesar da falta de interferência na transmissão de begomovírus ao tomateiro, o óleo mineral poderia ser uma ótima opção no manejo do vetor devido a sua eficiência no controle de ninfas e adultos (Liu & Stansly, 1995; Liu & Stansly, 2000). Seu efeito inseticida se dá principalmente por asfixia e intoxicação (Grossman, 1990; Rodrigues & Childers, 2002). Além da eficiência no controle, o óleo mineral atua como adjuvante, permitindo melhor espalhamento das gotas, velocidade na absorção, redução nos efeitos de lavagem da chuva e degradação pela luz, além de reduzir a tensão superficial da calda, promovendo melhor eficiência dos agrotóxicos. Essas características possuem especial vantagem contra insetos vetores que geralmente são pequenos e podem se alimentar em pequenas áreas da superfície vegetal não atingidas pelo inseticida, devido ao inadequado espalhamento da calda. Ressalta-se que, no Brasil, a única opção para se utilizar este óleo contra a mosca-branca é como adjuvante na dosagem de 0,5% (v/v). Em doses de 1 a 1,5% o produto já é considerado como inseticida, sendo recomendado

apenas para algumas pragas de cafeeiro, citrus, macieira, pessegueiro e videira, em especial cochonilhas. Sabe-se que este óleo possui ótima ação quando combinado a inseticidas (Guedes et al., 1995; Medeiros et al., 2001; Vieira et al., 2012), podendo até mesmo reduzir significativamente a taxa de transmissão viral.

Entre os óleos de origem vegetal, o óleo de rícino foi o único que proporcionou mortalidade de mosca-branca acima de 50% no período de 24 horas e causou redução significativa na severidade da doença, porém foi ineficaz na redução da incidência do ToSRV. Este óleo apresenta efeito como inibidor alimentar e inibidor da síntese proteica atribuído principalmente à toxina ricina (Lord et al., 1994; Olsnes & Kozlov, 2001). Segundo Marques (2011) o óleo de rícino a 1% (v/v) também provocou alta mortalidade em todas as fases de desenvolvimento de *B. tabaci* e ainda foi capaz de reduzir significativamente a incidência do mosaico-dourado em feijoeiro (*Bean golden mosaic virus* – BGMV). Estudos apontam níveis de controle satisfatórios de ninfas e adultos de *B. tabaci* pelo óleo de rícino (Pissinati, 2010; Lima et al., 2013); sendo que adultos necessitam de maior concentração do óleo do que ninfas para se alcançar controle satisfatório (Khalil et al., 2010). Logo, este óleo vegetal é outra opção no manejo de *B. tabaci*, tanto de adultos como de ninfas.

A mortalidade de adultos e a interferência na transmissão viral com aplicação de nim (Azamax<sup>®</sup> 0,5%) foi insatisfatória para o manejo do vetor e do vírus utilizando a metodologia empregada no presente estudo. Marques (2011), verificou que o óleo de nim (Max Neem<sup>®</sup>) provocou mortalidade de 46,2% de adultos e não reduziu significativamente a incidência e severidade da infecção do BGMV em feijoeiro mantido em gaiola de tecido voil (sem possibilidade de escolha). Já em campo de algodoeiro, o óleo de nim (produto não comercial) foi eficiente na redução do número de adultos e incidência do *Cotton leaf curl virus* – CLCuVD (Khan et al., 2003; Ali et al., 2010). A diferença de resultados entre o presente estudo e os demais trabalhos pode ser atribuída a vários fatores existentes nas metodologias utilizadas destacando-se a forma de obtenção do extrato da planta. Nos estudos onde a eficiência de controle proporcionada pelo óleo de nim foi baixa, os produtos utilizados eram provenientes do mercado (produto comercial), como no caso de Marques (2011). Já nos estudos em que o óleo de nim foi promissor foram utilizados extratos não comerciais produzidos pelos pesquisadores conforme descrito por Ali et al. (2010) e Khan et al. (2003). Diferenças na produção, extração e formulação do óleo podem alterar seus efeitos no inseto, devido à variação no teor de substâncias presentes em suas estruturas vegetais. O nim possui 50 compostos terpenóides, a maioria com atividade inseticida e diferentes modos de ação

(Martinez, 2003). Dentre eles destacam-se a azadiractina, a 14-epoxiazadiradiona, o meliantriol, a melianona, a meliacarpina, a nimbina, a salanina e a vilosinina. A azadiractina afeta o desenvolvimento das formas imaturas, a fertilidade, a fecundidade, o comportamento e inibe a alimentação, provocando anomalias celulares e fisiológicas letais principalmente para as formas jovens (Ciociola Júnior & Martinez, 2002). Efeitos anti-alimentares são apresentados por salanina, meliantriol e nimbina (Garcia, 2000). Portanto, a alteração na concentração de algum desses compostos pode causar variação no efeito do óleo sob o inseto-alvo.

Além desses fatores, em testes sem possibilidade de escolha o efeito de repelência do produto pode ser minimizado. A ação repelente do nim sobre a *B. tabaci* é conhecida. Menor número de adultos e ninfas foi encontrado em folhas de meloeiro que receberam tratamento a base de nim (Silva et al., 2003; Azevedo et al., 2005). Hammad et al., (2000) também relataram repelência de adultos de mosca-branca por folhas de tomateiro tratadas com produto a base de nim. Como um dos principais efeitos que o nim apresenta é a repelência, estudos de múltipla escolha ou campo tendem a apresentar eficiência de controle mais alta.

O óleo vegetal Natur'l Oil<sup>®</sup> também apresentou resultados insatisfatórios no controle dos adultos e na transmissão do vírus. É um produto feito a base de sementes de algodão, onde uma das principais substâncias encontradas é o gossipol (composto fenólico, formado por aldeídos e terpenos). Este aldeído-terpeno é antinutritivo e tóxico, atuando como inibidor de proteínases, interferindo na degradação de proteínas no mesêntero do inseto. Tais distúrbios na digestão proteica reduz a disponibilidade de aminoácidos, interferindo na síntese das proteínas necessárias ao desenvolvimento e reprodução do inseto (Macedo et al., 2007). Sua eficiência no controle de *B. tabaci* foi constatada para ninfas e adultos, causando principalmente efeitos de mortalidade e repelência. Pissinati (2010), avaliando mortalidade de ninfas de *B. tabaci* se alimentando em plantas tratadas com óleo de semente de algodão, encontrou mortalidades de ninfas do 3º e 4º instar de até 99%, após quatro aplicações. Butler et al. (1991) encontraram redução quase total na quantidade de adultos de *B. tabaci* infestando algodão até oito dias após a aplicação. Resultados similares foram descritos por Butler & Henneberry (1989) em plantas de alface, nas quais houve redução de 80- 90% no número de adultos de *B. tabaci* nos primeiros três dias após aplicação do óleo de sementes de algodão assim como mortalidade de ninfas acima de 70%. Assim, como os outros óleos vegetais que apresentaram resultados insatisfatórios o Natur'l Oil<sup>®</sup> poderia ter apresentado melhores

resultados em experimentos de múltipla escolha ou de campo, devido à ação repelente que exerce sobre os adultos de mosca-branca e ação inseticida sobre ninfas (Liu & Stansly, 2000).

A baixa eficiência em relação a interferência na transmissão viral também foi encontrada por Marques (2011) para os óleos vegetais de gergelim e nim (Max Neem®) e para o óleo mineral (Assist® - Basf), na concentração de 1%. Nenhum dos óleos citados acima reduziu significativamente a incidência do BGMV no feijoeiro em testes sem possibilidade de escolha.

Segundo Ali et al. (2010), aplicações sequenciais de óleo de nim (produto não comercial) reduziram a incidência do Cotton leaf curl virus disease (CLCuVD) e a presença de *B. tabaci* em campos de algodão. Parcelas que receberam aplicações de óleo de nim a intervalos de sete dias apresentaram 0,817 adultos de mosca-branca por folha e incidência da doença de apenas 3,7 %. Por outro lado, na testemunha a infestação foi em média de 11,2 adultos de *B. tabaci* por folha e a incidência viral chegou a 56,6%.

A divergência de resultados obtidos em experimentos de múltipla escolha e sem possibilidade de escolha sugere que, metodologias onde há impossibilidade do inseto trocar de hospedeiras, subestimam o efeito dos óleos no controle do vetor, pois desconsideram atividades repelentes e antialimentares que desestimulam a permanência do inseto na planta. Assim, os resultados insatisfatórios dos óleos avaliados não os desqualificam totalmente como ferramentas de controle do complexo begomovírus – *B. tabaci* biótipo B. Mesmo não apresentando reduções estatisticamente significativas, os tratamentos de gergelim e Triona® reduziram a incidência da doença entorno de 15% e ainda houve redução na severidade da doença em plantas que receberam aplicação de óleo mineral Triona® e óleo vegetal de rícino. Estes resultados indicam a presença de algum efeito secundário no inseto que embora não seja suficiente para neutralizar sua ação como transmissor de vírus, pode ser potencializado através da associação com inseticidas sintéticos. Adicionalmente, muitos óleos vegetais e minerais possuem alta eficiência no controle de ninfas contribuindo para o manejo da população do vetor e, possivelmente no manejo da dispersão do vírus no campo de produção.

### **Experimento 3 - Misturas de óleo mineral e inseticidas químicos sintéticos para controle de *Bemisia tabaci*, biótipo b e redução da transmissão de begomovírus ao tomateiro**

Houve diferença significativa na mortalidade de *B. tabaci* entre os inseticidas sintéticos e sua mistura com óleo mineral ao longo do tempo (tratamento: G.L. = 8, 112; F = 20,84; P = 0,0001; interação tratamento x tempo: G.L. = 24, 336; F = 32,93; P = 0,00001).

O efeito sinérgico da adição de óleo mineral à calda inseticida foi observado logo aos 15 minutos de exposição dos insetos, independentemente do ingrediente ativo envolvido. A adição de óleo mineral propiciou maior velocidade de ação da mistura comercial tiametoxam+lambdacialotrina, a qual já na avaliação de 3h havia ocasionado mortalidade de adultos superior a 45%, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 7). A maior distinção entre inseticidas sintéticos aplicados isoladamente e suas misturas com óleo mineral foi verificada na avaliação de 24h. Nela, fica evidente que o óleo mineral potencializou a ação de inseticidas como imidacloprido, imidacloprido+beta-ciflutrina e tiametoxam. Não houve diferença entre os tratamentos às 48h do início do experimento, que proporcionaram mortalidades variáveis entre 90% a 100%. Assim, neste estudo, constatou-se que a adição de óleo mineral à calda de alguns inseticidas aumenta a mortalidade de adultos de *B. tabaci* e pode reduzir o seu tempo de sobrevivência em comparação ao mesmo inseticida sintético aplicado isoladamente.

A incidência de ToSRV diferiu entre os tratamentos (Tabela 8). As menores proporções de plantas infectadas foram observadas nas pulverizações contendo mistura de óleo mineral com os ingredientes ativos tiametoxam, imidacloprido e tiametoxam+lambdacialotrina, com diferenças significativas em relação à testemunha (qui-quadrado,  $P < 0,05$ ). A adição de óleo mineral à calda com tiametoxam+lambdacialotrina reduziu a incidência de begomovírus no tomateiro de 33,3% para 6,7%.

A adição de óleo mineral à calda inseticida também reduziu significativamente a severidade da doença (Kruskal-Wallis: G.L. = 9; H = 76,273;  $P < 0,001$ ). A mistura de óleo mineral e tiametoxam+lambdacialotrina propiciou a menor severidade da doença, a qual diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 8).

A maior eficiência dos tratamentos com óleo mineral em relação à aplicação isolada dos inseticidas sintéticos poderia ser explicada pela ação sinérgica do referido adjuvante. Os óleos minerais atuam na planta dissolvendo membranas celulares e gorduras componentes da cutícula, provocando muitas vezes o extravasamento do conteúdo celular. Esta modificação

das estruturas celulares permite melhor absorção foliar dos componentes inseticidas presentes no óleo e no agrotóxico com o qual o óleo foi aplicado (Vargas & Roman, 2006). Além de provocar asfixia e intoxicar o inseto (Grossman, 1990; Rodrigues & Childers, 2002), o óleo mineral permite melhor espalhamento das gotas, aumenta a velocidade na absorção do produto, reduz os efeitos de lavagem da chuva e degradação pela luz solar e reduz a tensão superficial da calda, promovendo melhor eficiência dos agrotóxicos. Esses atributos conferem vantagem adicional contra insetos vetores que geralmente são pequenos e podem se alimentar em pequenas áreas da superfície vegetal desprotegidas pelo inseticida em razão do espalhamento inadequado da calda. Ressalta-se que, no Brasil, a única opção de utilizar este óleo contra a mosca-branca é como adjuvante na dosagem de 0,5% (v/v) (BRASIL, 2013).

**Tabela 7.** Mortalidade corrigida acumulada (%) de adultos de *B. tabaci* após exposição entre 15 minutos e 48 horas a misturas de inseticidas sintéticos e óleo mineral pulverizadas em plantas de tomateiro mantidas em gaiolas de polietileno. Brasília-DF, 2013.

Tratamento	Avaliação <sup>1</sup>			
	15 min.	3h	24h	48h
Tiametoxam	3,84 ± 0,87 bD	20,81 ± 3,34 cC	68,55 ± 4,24 cB	97,86 ± 1,00 aA
Tiametoxam + Óleo mineral 0,5%	14,19 ± 2,96 aC	34,19 ± 6,48 bB	86,08 ± 2,03 aA	100,00 ± 0,00 aA
Imidacloprido + Beta-ciflutrina	0,70 ± 0,38 cD	8,39 ± 1,41 dC	50,18 ± 3,68 dB	90,46 ± 1,85 aA
Imidacloprido + Beta-ciflutrina + Óleo mineral 0,5%	12,89 ± 2,15 aD	28,34 ± 5,15 bC	84,81 ± 2,11 aB	100,00 ± 0,00 aA
Imidacloprido	4,93 ± 0,71 bD	19,89 ± 2,32 cC	74,92 ± 2,97 bB	96,24 ± 0,73 aA
Imidacloprido + Óleo mineral 0,5%	12,13 ± 1,49 aC	32,61 ± 4,05 bB	87,35 ± 1,58 aA	99,32 ± 0,40 aA
Tiametoxam + Lambda-cialotrina	6,69 ± 1,00 bC	32,20 ± 3,27 bB	90,48 ± 1,71 aA	100,00 ± 0,00 aA
Tiametoxam + Lambda-cialotrina + Óleo mineral 0,5%	17,83 ± 3,28 aC	45,30 ± 7,38 aB	93,92 ± 1,83 aA	100,00 ± 0,00 aA
Óleo mineral 0,5%	11,14 ± 2,70 aD	29,58 ± 3,82 bC	77,35 ± 2,89 bB	93,11 ± 1,95 aA

<sup>1</sup>Média ± EP. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a P < 0,05.

**Tabela 8.** Incidência de ToSRV e severidade da begomovirose em plantas de tomateiro pulverizadas com misturas de inseticidas sintéticos e óleo mineral. Brasília-DF, 2013.

Tratamento	Plantas infectadas		Severidade da begomovirose	
	Pl. inf./Total <sup>1</sup>	%	$\sum$ Sintomatologia <sup>2</sup>	Média <sup>3</sup>
Tiametoxam	12/15 ns	85,7	20	1,33 ± 0,24 c
Tiametoxam + Óleo mineral 0,5%	6/15 *	42,8	5	0,33 ± 0,13 d
Imidacloprido + Beta-ciflutrina	14/15 ns	93,3	35	2,33 ± 0,25 b
Imidacloprido + Beta-ciflutrina + Óleo mineral 0,5%	6/15 *	40,0	6	0,40 ± 0,22 d
Imidacloprido	8/15 ns	53,3	13	0,87 ± 0,29 c
Imidacloprido + Óleo mineral 0,5%	2/15 *	13,3	3	0,20 ± 0,17 d
Tiametoxam + Lambda-cialotrina	5/15 *	33,3	5	0,33 ± 0,13 d
Tiametoxam+Lambda-cialotrina + Óleo mineral 0,5%	1/15 *	6,7	2	0,13 ± 0,13 e
Óleo mineral 0,5%	7/15 ns	46,7	15	1,00 ± 0,27 c
Testemunha	15/15	100	45	3,00 ± 0,00 a

<sup>1</sup> Proporções marcadas com asterisco diferem estatisticamente da testemunha, pelo teste de qui-quadrado (tabela de contingência 2x2; P < 0,05). ns = não significativo; não difere da testemunha.

<sup>2</sup> Somatório das notas de severidade da doença atribuídas às plantas do respectivo tratamento.

<sup>3</sup> Médias de severidade da doença (escala de notas) marcadas com asterisco diferem estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunn (não-paramétrico), baseado na diferença entre postos (ranks) (P < 0,05).

Outro fator observado, neste trabalho foi o aprisionamento do inseto na superfície vegetal tratada com as misturas de inseticidas e óleo mineral, principalmente na face adaxial das folhas (onde há menor número de tricomas). Isto limitou ou impediu a locomoção do inseto na superfície tratada e inviabilizou o seu voo para outro lugar. Não foram observados insetos que saíram vivos do ensaio quando aprisionados na mistura de inseticida e óleo (Figura 6). Embora o aprisionamento não tenha sido uma variável prevista no estudo, sua constatação foi essencial para explicar a eficiência das misturas no controle da transmissão primária do ToSRV ao tomateiro por *B. tabaci*.



**Figura 6:** Adultos de *B. tabaci* aprisionados na superfície foliar tratada com a mistura de óleo mineral com inseticidas.

Além do efeito de aprisionamento dos adultos de *B. tabaci*, outros fatores podem elucidar os resultados obtidos pelas misturas de inseticidas com óleos. A quantidade de insetos virulíferos por planta influencia na eficiência e probabilidade de transmissão do vírus. Chatterjee et al. (2008) encontrou uma relação diretamente proporcional entre a eficiência de transmissão e o número de moscas-brancas por planta, quando avaliou um begomovírus associado a planta *Hibiscus cannabinus* na Índia. Romay et al. (2010), estudando as interações entre o Tomato Venezuela virus (ToVEV) e *B. tabaci* biótipo B com o tomateiro, também encontraram aumento na eficiência de transmissão com o incremento na quantidade de adultos por planta: enquanto a densidade de um adulto por planta apresentou eficiência de transmissão de 21,7 %, com 10 adultos por planta a eficiência foi para 67,9% e 20 adultos por planta proporcionou 95,0% de eficiência na transmissão. Assim, a redução na quantidade de adultos de *B. tabaci* ocasionada pelos tratamentos (principalmente as misturas), nas primeiras horas de avaliação contribuiu decisivamente para o controle da virose por reduzir as chances de transmissão do vírus pela mosca-branca ao tomateiro.

Os efeitos conferidos pelos tratamentos e descritos na literatura como aprisionamento, efeitos anti-alimentares, toxicidade ao sistema nervoso, comprometimento da capacidade respiratória e atividade repelente podem ter interferido no comportamento alimentar do inseto, possibilitando maior período de exposição do vetor aos inseticidas, sem a efetiva transmissão do vírus. Todo acréscimo nesse período de exposição aos inseticidas sem que ocorra alimentação na planta mostra-se válido no controle da transmissão. Considerando a densidade de 10 adultos virulíferos por planta e um PAI de 5 minutos, *B. tabaci* biótipo B transmite o ToSRV ao tomateiro com apenas 10% de eficiência. Quando o PAI é alterado para 1 hora a eficiência aumenta para 21% e com um PAI de 24 horas a eficiência chega a 75% (Santos et

al., 2003; Freitas, 2012). Assim, a redução substancial no número de insetos nas primeiras 24 horas de contato com a planta associada à interferência no processo de alimentação, poderiam contribuir positivamente para a redução da transmissão primária de ToSRV pela mosca-branca.

A eficiência no controle da virose apresentada pelas misturas de óleos e inseticidas sintéticos se deve a um conjunto de fatores que precisam ser elucidados futuramente para assim serem utilizados no desenvolvimento de produtos e estratégias de aplicação que proporcionem alta eficiência de controle do complexo begomovírus – *B. tabaci* biótipo B.

## CONCLUSÕES

- Muitos inseticidas sintéticos utilizados isoladamente proporcionam controle satisfatório da população da mosca-branca, entretanto não reduzem satisfatoriamente a transmissão de begomovírus ao tomateiro.
- Os óleos de rícino [2%], gergelim [0,5%], Azamax<sup>®</sup> [0,5%], Triona<sup>®</sup> [0,5%], Orobor<sup>®</sup> [0,5%] e Natur' Óleo<sup>®</sup> [0,5%] utilizados isoladamente não proporcionam controle satisfatório da população da mosca-branca e da transmissão de begomovírus ao tomateiro.
- A associação de óleo mineral Triona<sup>®</sup> [0,5%] com os ingredientes ativos imidacloprido, imidacloprido+beta-ciflutrina, tiametoxam e tiametoxam+lambda-cialotrina proporciona redução elevada na população da mosca-branca, na incidência de ToSRV e na severidade da doença.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, N. E.; KANAN, H. O.; SUGIMOTO, Y.; MA, Y. Q.; INANAGA, S. Effect of imidacloprid on incidence of *Tomato yellow leaf curl virus*. **Plant Disease**, v. 85, p. 84-87, 2001.

ALI, S.; KHAN, M. A.; SAHI, S. T.; HASSAN, M. U. Evaluation of plant extracts and salicylic acid against *Bemisia tabaci* and cotton leaf curl virus disease. **Pakistan Journal of Phytopathology**, v. 22, p. 98-100, 2010.

AZEVEDO, F. R.; GUIMARÃES, J. A.; BRAGA SOBRINHO, R.; LIMA, M. A. A. Eficiência de produtos naturais para o controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em meloeiro. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 72, n. 24, p. 73-79, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – AGROFIT**. 2013. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 08 out. 2013.

BUTLER JUNIOR, G. D.; COUDRIET, D. L.; HENNEBERRY, T. J. **Effect of plant-derived oils on sweetpotato whitefly on cotton**. College of Agriculture, University of Arizona (Tucson, AZ), 1991. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10150/208378>>. Acesso em: 27 dez. 2013.

\_\_\_\_\_; HENNEBERRY, T. J. Sweetpotato whitefly migration, population increase, and controle on lettuce with cottonseed oil sprays. **Southwestern Entomologist**, v. 14, p. 287-293, 1989.

CAHILL, M.; GORMAN, K.; DAY, S.; DENHOLM, L.; ELBERT, I.; NAUEN, R. Baseline determination of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 86, p. 343-349, 1996.

CARNEIRO, S. M. Efeito de extratos de folhas e do óleo de nim sobre o oídio do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v. 29, p. 262-265, 2003.

CASTLE, S. J.; PALUMBO, J. C.; PRABHAKER, N. Newer insecticides for plant virus disease management. **Virus Research**, v. 141, p. 131-139, 2009.

CASTLE, S. J.; PRABHAKER, N. Monitoring changes in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) susceptibility to neonicotinoid insecticides in Arizona and California. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, p. 1404-1413, 2013.

CHATTERJEE, A.; ROY, A.; GHOSH, S. K. Acquisition, transmission and host range of a begomovirus associated with yellow vein mosaic disease of mesta (*Hibiscus cannabinus* and *Hibiscus sabdariffa*). **Australasian Plant Pathology**, v. 37, p. 511-519, 2008.

CIOCIOLA JÚNIOR, A. I.; MARTINEZ, S. S. **Nim**: alternativa no controle de pragas e doenças. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 24 p. (Boletim Técnico, 67).

FERNANDES, F. R.; ALBUQUERQUE, L. C.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; ÁVILA, A. C.; INOUE-NAGATA, A. K. Diversity and prevalence of Brazilian begomoviruses associated to tomatoes. **Virus Genes**, v. 36, p. 251-258, 2008.

FREITAS, D. M. S. *Tomato severe rugose virus (ToSRV) e Tomato chlorosis virus (ToCV): relações com a Bemisia tabaci biótipo B e eficiência de um inseticida no controle da transmissão do ToSRV*. 2012. 74p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP, 2012.

GARCIA, J. L. M. **O nim indiano**: o bioprotetor natural. 2000. Disponível em: <<http://www.agrisustentavel.com/doc/nim.htm>>. Acesso em: nov. 2013.

GIORDANO, L. B.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, J. B. C.; INOUE-NAGATA, A. K.; BOITEUX, L. S. Efeito da infecção precoce por *Begomovirus* com genoma bipartido em características de frutos de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 815-818, 2005.

GOURMET, C.; HEWINGS, A. D.; KOLB, F. L.; SMYTH, C. A. Effect of imidacloprid on nonflight movement of *Ropalosiphum padi* and the subsequent spread of *Barley yellow dwarf virus*. **Plant Disease**, v. 78, p. 1098-1101, 1994.

\_\_\_\_\_; KOLB, F. L.; SMYTH, C. A.; PEDERSEN, W. L. Use of imidacloprid as a seed treatment insecticide to control *Barley yellow dwarf virus* in oat and wheat. **Plant Disease**, v. 80, p. 136-141, 1996.

GRAY, S. M.; BERGSTROM, G. C.; VAUGHAN, R.; SMITH, D. M.; AND KALB, D. W. Insecticidal control of cereal aphids and its impact on the epidemiology of the barley yellow dwarf luteoviruses. **Crop Protection**, v. 15, p. 687-697, 1996.

GROSSMAN, J. Horticultural oils: new summer uses on ornamental plant pest. **The IPM Practitioner**, v. 12, p. 1-10, 1990.

GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, N. M. P.; MADEIRA, N. R. Sinergismo do óleo mineral sobre a toxicidade de inseticidas para *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 313-318, 1995.

HAMMAD, A. F.; NEMER, N. M.; HAWI, Z. K.; HANNA, L. T. Responses of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, to the chinaberry tree (*Melia Azedarach* L.) and its extracts. **Annals of Applied Biology**, v. 137, p. 79-88, 2000.

HE, Y.; ZHAO, J.; ZHENG, Y.; WENG, Q.; BIONDI, A.; DESNEUX, N.; KONGMING, W. Assessment of potential sublethal effects of various insecticides on key biological traits of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. **International Journal of Biological Sciences**, v.9, p.246-255, 2013.

HOROWITZ, A. R.; ISHAAYA, I. Chemical control of *Bemisia*: management and application. In: GERLING, D.; MAYER, R. T. (Eds.). **Bemisia 1995: taxonomy, biology, damage, control and management**. Andover: Intercept, Hants, 1995.

INOUE-NAGATA, A. K.; ÁVILA, A. C.; BÔAS, G. L. V. **Os Geminivírus em sistema de produção integrada de tomate indústria**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 12p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 71).

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

JIANG, Y. X.; BLAS, C.; BARRIOS, L. et al. Correlation between whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) feeding behavior and transmission of *Tomato yellow leaf curl virus*. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 93, p. 573-579, 2000.

JONES, D. R. Plant viroses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p. 195-219, 2003.

KHALIL, N. S.; HESHAM, R.; ELSEEDI, H. R.; SALEH, M. A.; SALAMA, M. S.; HAMED, M. S. Biocidal activity of some castor extracts against the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn) (Homoptera: *Aleyrodidae*). **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences**, v. 2, p. 31- 38, 2010.

KHAN, M. A.; AFZAAL, M.; NASIR, M. A. Evaluation of furnace oil and neem based products to manage *Bemisia tabaci* and leaf curl virus on cotton. **Pakistan Journal of Botany**, v. 35, p. 983-986, 2003.

LAPIDOT, M. R.; BEN JOSEPH, R.; COHEN, L.; MACHBASH, Z.; LEVY, D. Development of a scale for evaluation of *Tomato yellow leaf curl virus* resistance level in tomato plants. **Phytopathology**, v. 96, p. 1404-1408, 2006.

LIMA, B. M. F.; MOREIRA, J. O. T.; ARAGÃO, C. A. Avaliação de extratos vegetais no controle de mosca-branca, *Bemisia tabaci* biótipo B em abóbora. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 622-627, 2013.

LIU, T. X.; STANSLY, P. A. Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. **Pest Management Science**, v. 56, p. 861-866, 2000.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Toxicity of biorational insecticides to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato leaves. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p. 564-568, 1995.

LORD, M. J., ROBERTS, L. M.; ROBERTUS, J. D. Ricin: structure, mode of action and some current applications. **Faseb Journal**, v. 8, p. 201-208, 1994.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 53, p. 53-59, 1994.

MACEDO, L. P. M.; CUNHA, U. S.; VENDRAMIM, J. D. Gossipol: fator de resistência a insetos-praga. **Campo Digital**, v. 2, p. 34-42, 2007.

MARQUES, M. A. **Óleos vegetais e óleo mineral na mortalidade da *Bemisia tabaci* biótipo B e na transmissão do vírus do mosaico dourado no feijoeiro.** 2011. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011.

MARTINEZ, S. S. (Ed.). **O Nim – *Azadirachta indica*: natureza, usos múltiplos, produção.** Londrina, PR: IAPAR, 2002.

\_\_\_\_\_. O uso do nim no café e em outras culturas. **Revista Agroecologia Hoje**, v. 4, p. 13-14, 2003.

MASON, G.; RANCATI, M.; BOSCO, D. The effect of thiamethoxam, a second generation neonicotinoid insecticide, in preventing transmission of *Tomato yellow leaf curl geminivirus* (TYLCV) by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). **Crop Protection**, v. 19, p. 473-479, 2000.

MEDEIROS, F. A. S. B.; BLEICHER, E.; MENEZES, J. B. Efeito do óleo mineral e do detergente neutro na eficiência de controle da mosca-branca por betacyfluthrin, dimethoato e methomyl no meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 74-76, 2001.

NAUEN, R. Behaviour-modifying effects of low systemic concentrations of imidacloprid on *Myzus persicae* with special reference to an antifeeding response. **Pesticide Science**, v. 44, p. 145–153, 1995.

\_\_\_\_\_; HUNGENBERG, H.; TOLLO, B.; TIETJEN, K.; ELBERT, A. Antifeedant effect, biological efficacy and high affinity binding of imidacloprid to acetylcholine receptors in *Myzus persicae* and *Myzus nicotianae*. **Pesticide Science**, v. 53, p. 133-140, 1998.

OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, v. 20, p. 709-723, 2001.

OLSNES, S.; KOZLOV, J. Ricin. **Toxicon**, v. 39, p. 1723-1728, 2001.

PISSINATI, A. **Efeito de óleos vegetais e caulim sobre população de imaturos de *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) em couve sob cultivo protegido**. 2010. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR, 2010.

POLETTI, M.; ALVES, E. B. Resistência de mosca-branca a inseticidas. In: **COMITÊ BRASILEIRO DE AÇÃO A RESISTÊNCIA A INSETICIDAS (IRAC-BR)**. 2013. Disponível em: <<http://www.iraconline.org/documents/resistencia-de-mosca-branca-2012/?ext=pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

POLSTON, J. E.; ANDERSON, P. K. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. **Plant Disease**, v. 81, p. 1358-1369, 1997.

PUNTENER, W. **Manual for field trials in plant protection**. 2. ed. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited, 1981.

RODRIGUES, J. C. V.; CHILDERS, C. C. Óleos no manejo de pragas e doenças em citros. **Revista Brasileira de Entomologia Agrícola**, v. 23, p. 77-100, 2002.

ROMAY, G.; GERAUD-POUEY, R.; CHIRINOS, D. T.; MORALES, F.; HERRERA, E.; FERNÁNDEZ, C.; MARTÍNEZ, A.K. Transmisión del Tomato Venezuela virus por *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), en Maracaibo, Venezuela. **Neotropical Entomology**, v. 39, 2010.

ROJAS, M. R.; GILBERTSON, R. L.; RUSSEL, D. R.; MAXWELL, D. Use of degenerated primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. **Plant Disease**, v. 77, p. 340-347, 1993.

RUBINSTEIN, G., MORIN, S., CZOSNEK, H. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera; Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 92, p. 658-662, 1999.

SANTOS, C. D. G.; ÁVILA, A. C.; RESENDE, R. O. Estudo da interação de um begomovírus isolado de tomateiro com a mosca branca. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 664-673, 2003.

SAS Institute Inc. **SAS 9.1 Help and Documentation**. Cary: SAS Institute Inc., 2004.

SAUVION, N.; MAURIELLO, V.; RENARD, B.; BOISSOT, N. Impact of melon accessions resistant to aphids on the demographic potential of silver leaf whitefly. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, p. 557-567, 2005.

SCHUSTER, D. J. Relationship of silverleaf whitefly density to severity of irregular ripening of tomato. **Horticulturae Science**, v. 36, p. 1089-1090, 2001.

SILVA, L. D.; BLEICHER, E.; ARAÚJO, A. C. Eficiência de azadiractina no controle da mosca-branca em meloeiro sob condições de casa-de-vegetação e campo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 198-201, 2003.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 56).

VIEIRA, S. S.; BOFF, M. I. C.; BUENO, A. F.; GOBBI, A. L.; LOBO, R. V.; BUENO, R. C. O. F. Efeitos dos inseticidas utilizados no controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B e sua seletividade aos inimigos naturais na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 1809-1818, 2012.

VILLAS BOAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. **Manejo integrado da mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) em sistema de produção integrada de tomate indústria (PITI)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 16p. (Circular Técnica – Embrapa Hortaliças, 70).

### CAPÍTULO 3 - ASSOCIAÇÃO DE CONTROLE QUÍMICO E RESISTÊNCIA VARIETAL NA REDUÇÃO DA TRANSMISSÃO DE BEGOMOVÍRUS AO TOMATEIRO

#### RESUMO

O manejo do complexo de pragas *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) e begomovírus (Geminiviridae) na cultura do tomate (*Solanum Lycopersicum*) é feito principalmente pelo controle do vetor com inseticidas sintéticos, com resultados nem sempre satisfatórios. A utilização de cultivares com genes de resistência aos begomovírus é uma nova ferramenta à disposição do agricultor, porém, pouco se sabe sobre a eficiência da associação dessas duas táticas no controle destes organismos. Neste trabalho foram realizados experimentos de campo com a finalidade de avaliar o efeito da associação do controle químico de adultos de *B. tabaci* com o uso de uma cultivar resistente aos begomovírus na incidência de *Tomato severe rugose virus* - ToSRV (Geminiviridae: *Begomovirus*) e na severidade da doença em tomateiro. Foram utilizadas duas cultivares de crescimento determinado, uma com resistência (cv. BRS-Sena, Embrapa Hortaliças) e outra totalmente suscetível aos begomovírus (cv. Viradoro, Embrapa Hortaliças). O tratamento químico adotado foi a mistura do inseticida sintético Engeo Pleno<sup>®</sup> (tiametoxam 141 mg do i.a./L de água + lambda-cialotrina 106 mg do i.a./L de água) com o óleo mineral Triona<sup>®</sup>. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2x2 (cultivares: tratamento químico). Para tanto, 16 plantas de cada cultivar, com 4-6 folhas definitivas, foram acondicionadas em gaiolas de tecido organza em campo aberto, após serem tratadas. No dia seguinte, em cada gaiola foram liberados 500 adultos de *B. tabaci* biótipo B virulíferos para ToSRV. Uma semana após a primeira pulverização foi realizada nova aplicação dos produtos e no dia seguinte foi efetuada outra liberação de 500 adultos virulíferos. Foi avaliada a incidência de ToSRV, a severidade da doença e o número de moscas-brancas restantes no final do experimento. Os dados de incidência de ToSRV e a severidade da doença foram submetidos à Anova e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. As gaiolas que receberam tratamento químico apresentaram redução significativa na incidência e na severidade da doença, não havendo diferenças entre cultivares quando receberam tratamento químico. Nenhum inseto foi coletado, ao final do experimento, nas gaiolas com plantas pulverizadas com inseticida. O emprego da cultivar tolerante a begomovirus reduziu em 56,3% o número de plantas com ToSRV quando comparado à

cultivar suscetível sem inseticida (incidência de 100%). As plantas de BRS-Sena que foram infectadas pelo begomovírus também apresentaram significativamente menor severidade da doença do que aquelas da cv.Viradoro sem inseticida. A associação das duas táticas de controle se mostrou eficaz no manejo deste complexo de pragas reduzindo a população do vetor e o potencial de inóculo para transmissão.

**Palavras-chave:** begomovirose, vetor, inseticida.

## ABSTRACT

### ASSOCIATION OF CHEMICAL CONTROL AND CULTIVAR RESISTANCE IN REDUCING THE TRANSMISSION OF A BEGOMOVIRUSES ON TOMATOES

The management of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and begomovirus (Geminiviridae) on tomato (*Solanum lycopersicum*) was done primarily with the application of synthetic insecticides, without satisfactory results. The use of tomato cultivars resistant to begomovirus is a new tool available to the farmer, however, little is known about the effectiveness of these two strategies in the control of these organisms. In this study field experiments were conducted to evaluate the effect of the chemical control of adult *B. tabaci* and varietal resistance to begomovirus on the incidence of *Tomato severe rugose virus* - ToSRV (Geminiviridae: *Begomovirus*) and on the disease severity in tomato. Two cultivars of determinate growth habit were used, one resistant (cv. BRS-Sena, Embrapa Vegetables) and another completely susceptible to the begomovirus infection (cv. Viradouro, Embrapa Vegetables). The chemical treatment evaluated was the mixture of synthetic insecticide Engeo Pleno<sup>®</sup> (thiamethoxam 141 mg of a.i./L of water + lambda-cyhalothrin 106 mg of a.i./L of water) with mineral oil Triona<sup>®</sup> 0,5% (v/v). The experiment was arranged in randomized blocks in a 2x2 factorial design (tomato cultivars: chemical treatment). A total of 16 plants of each cultivar with 4-6 definitive leaves were placed in cages (organza tissue) on open field, after being sprayed with the chemical products. In the next day 500 adults (per cage) of *B. tabaci* biotype B viruliferous to ToSRV were released. After a week, a new insecticide application was done followed by the release of another bunch of 500 viruliferous adults. The characteristics evaluated were: ToSRV incidence, severity of disease and the number of whiteflies remaining at the end of the experiment. The data of ToSRV incidence and disease severity were evaluated by ANOVA and means were compared by Tukey test at a significance level of 5%. The cages that received chemical treatment showed a significant reduction in the incidence and severity of the disease with no differences between cultivars that received chemical treatment. No insect was found at the end of the experiment in cages with insecticide sprayed plants. The use of the begomovirus tolerant cultivar reduced by 56.3% the number of plants with ToSRV when compared to the susceptible cultivar without insecticide (100% incidence). Begomovirus infected resistant plants also had significantly lower disease severity than susceptible plants without insecticide. The association of these

control tools was effective in the management of this pest complex reducing the vector population and the inoculum potential for transmission.

**Keywords:** begomoviruse, vector, insecticide.

## INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva de tomate para processamento industrial no país possui grande importância sócio-econômica por gerar empregos, renda, ser competitiva e economicamente eficiente. O Brasil é o oitavo maior produtor mundial de tomate, onde o Estado de Goiás apresenta a maior produção e produtividade de tomate industrial (FAO, 2011; IBGE, 2013).

A incidência de fitopatógenos é um dos fatores responsáveis por onerar os custos de produção e reduzir a produtividade da lavoura (Souza & Reis, 2003). Dentre os fitopatógenos, os begomovírus assumiram destacada importância nas últimas décadas, sendo apontados atualmente como uma das principais causas de perdas econômicas nas lavouras de tomateiro (Czepak et al., 2009). Os impactos destes fitopatógenos na cadeia produtiva são tão significativos que o Estado de Goiás, principal produtor brasileiro de tomate, instituiu a prática do vazio sanitário com o intuito de reduzir a ocorrência de begomovirose, através da redução na fonte de inóculo dos vírus e da população do vetor, *Bemisia tabaci* biótipo B.

Os vírus pertencentes ao gênero *Begomovirus* (família Geminiviridae) possuem material genético constituído por DNA fita simples e podem apresentar um ou dois componentes genômicos (DNA-A e DNA-B) encapsidados em partículas geminadas. As proteínas necessárias para a replicação, transcrição e encapsidação são codificadas pelo DNA-A enquanto o DNA-B codifica proteínas relacionadas ao movimento do vírus na planta e desenvolvimento de sintomas (Rojas et al., 2005). Os vírus bipartidos (dois componentes genômicos) são predominantes nesse gênero e não há relatos sobre a presença de begomovírus monopartidos infectando tomateiros no Brasil.

O aumento da incidência destes fitopatógenos nas lavouras brasileiras é associado à introdução do biótipo B de *Bemisia tabaci* na década de 1990 (França et.al., 1996; Oliveira et.al., 2001). Esta mosca-branca apresenta maiores taxas de crescimento populacional, ampla variedade de plantas hospedeiras, maior facilidade para desenvolver resistência a inseticida e assim, maior dificuldade de controle. Além disso, a *B. tabaci* é um vetor de begomovírus mais eficiente do que outros biótipos presentes no Brasil como o biótipo A e outros denominados como indígenas (Rocha et.al., 2011; Marubayashi et.al., 2012).

Ao se alimentar em planta infectada por begomovírus (vírus de floema), *B. tabaci* adquire partículas virais que circulam no seu corpo até alcançar as glândulas salivares, onde então podem ser transmitidas a outras plantas (Oliveira et al., 2001). A relação entre os vírus do gênero *Begomovirus* e *B. tabaci* é do tipo circulativa não propagativa. Portanto, o vírus não se replica no vetor, apenas em plantas hospedeiras (Rubinstein & Czosnek, 1997).

Quando *B. tabaci* ataca uma planta, ela efetua uma avaliação do hospedeiro através de estímulos táteis, químicos e mediante picadas de prova (Gerling, 1990; Walling, 2008). Recebendo o estímulo positivo para a alimentação, o inseto insere seu aparelho bucal no tecido vegetal, geralmente no espaço intercelular, atravessando os tecidos (epiderme, parênquima, colênquima e esclerênquima) até alcançar o floema, onde além de succionar a seiva, também injeta saliva, realizando a transferência das partículas virais para o interior da planta (Jiang et al., 2000). Quando o vírus é inserido na célula vegetal (de uma planta hospedeira), ocorre a sua desencapsidação, replicação no núcleo da célula, expressão gênica e movimentação a curta (entre células adjacentes via plasmodesma) e longa distância (sistêmico via floema) (Carrington et al., 1996; Gutierrez, 1999; Gutierrez, 2000; Gafni & Epel, 2002; Niehl & Heinlein, 2011; Vuorinen et al., 2011).

A única forma dos inseticidas impedirem a infecção viral é provocando a morte do inseto antes que o mesmo conclua o processo de transmissão à planta ou modificando seu comportamento. Devido à grande dificuldade em manejar eficientemente este vetor, a solução mais vantajosa encontrada foi o desenvolvimento de cultivares comerciais com genes de resistência encontrados em acessos selvagens do gênero *Solanum*. Já foram relatados oito genes de resistência aos vírus do gênero *Begomovirus* em tomate: *Ty-1*, *Ty-2*, *Ty-3*, *Ty-4*, *Ty-5*, *tcm-1*, *tgr-1* e *ty-5* (Zakay et al., 1991; Zamir et al., 1994; Pietersen & Smith, 2002; Giordano et al., 2005b; Ji & Scott, 2006; Hanson et al., 2006; Bian et al., 2007; Ji et al., 2007; Anbinder et al., 2009; Hutton et al., 2012).

O primeiro gene de resistência à begomovírus caracterizado foi o *Ty-1* em acessos de *Solanum chilense* (Zakay et al., 1991). Este é amplamente utilizado nos programas de melhoramento de tomateiro conferindo tolerância ao complexo de begomovírus que infectam o tomateiro. Os processos promovidos por este gene que conferem tolerância à planta são pouco conhecidos, ficando muitas vezes no campo da especulação (Verlaan et al., 2013). Contudo, sabe-se que estão relacionados à restrição da replicação e do movimento sistêmico do vírus dentro da planta (Mendonza, 2013).

O desenvolvimento de cultivares resistentes aos begomovírus incrementou o leque de táticas de controle para o manejo do complexo de pragas que atacam o tomateiro. Apesar disso, ainda não se sabe se há sinergismo na adoção conjunta do controle químico de adultos de *B. tabaci* e da resistência varietal aos *Begomovirus* sobre a begomovirose ocasionada pelo ToSRV.

Este estudo objetivou avaliar o efeito da associação do controle químico de adultos de *B. tabaci* biótipo B com o uso de uma cultivar tolerante ao begomovírus na incidência de ToSRV e na severidade da doença em plantas de tomateiro.

## MATERIAL E MÉTODO

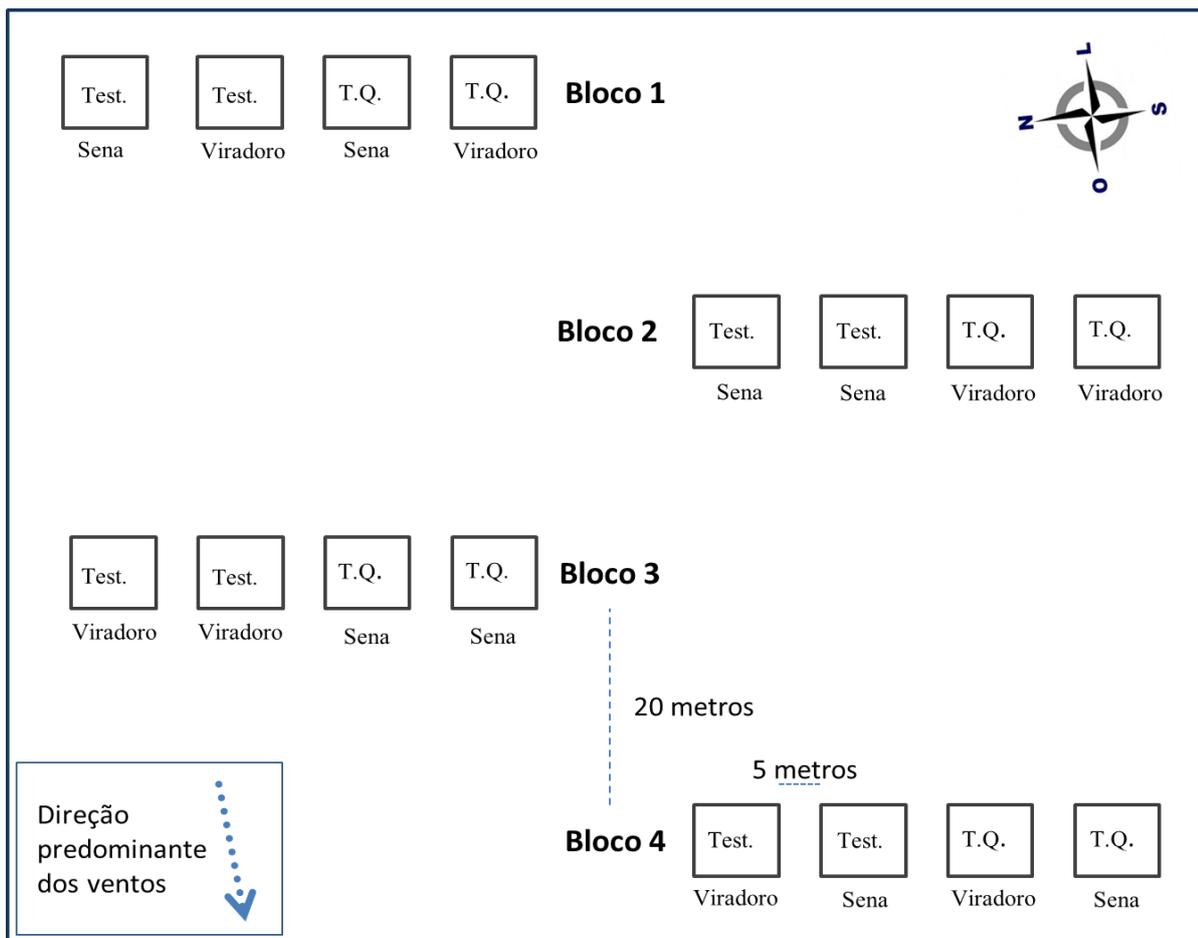
### Área Experimental

O experimento foi realizado sob área gramada (1 ha) do campo experimental da Embrapa Hortaliças (15°56'10" Sul, 48°08'18" Oeste, a 989 metros de altitude), localizada no Gama-DF.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial de 2 cultivares x 2 tratamentos empregados na pulverização (inseticida e testemunha), com quatro repetições. Foram utilizadas as cultivares de tomateiro para processamento industrial BRS-Sena (híbrido tolerante aos begomovírus, desenvolvido pela Embrapa Hortaliças - CNPH) e Viradoro (variedade OP, suscetível aos begomovírus, CNPH).

Tendo em vista que o inseticida tiametoxam+lambdacialotrina (Engeo Pleno<sup>®</sup>; tiametoxam 141mg do i.a./L de água e lambdacialotrina 106 mg do i.a./L de água; fabricante Syngenta), em mistura com óleo mineral Triona<sup>®</sup> (BASF) a 0,5% (v/v) foi muito promissor em experimentos anteriores (cap. 2), ele foi o produto selecionado para ser avaliado em associação com a resistência varietal de tomateiro aos begomovírus. O inseticida foi utilizado na dosagem recomendada pelo fabricante para a cultura do tomateiro (141mg de tiametoxam + 106 mg de lambdacialotrina por litro de calda), sendo a calda inseticida preparada com água destilada. Cada planta foi pulverizada com 40 ml de calda. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal manual (capacidade de 1,5L; marca Guarany). A pulverização foi realizada no final da tarde (16h30), em condições de baixa insolação e velocidade do vento.

Os blocos consistiram em fileiras de gaiolas perpendiculares à direção predominante do vento e distanciadas de 20 metros (Figuras 1 e 2). Dentro de cada fileira (bloco), as gaiolas ficaram equidistantes de 5 metros entre si.



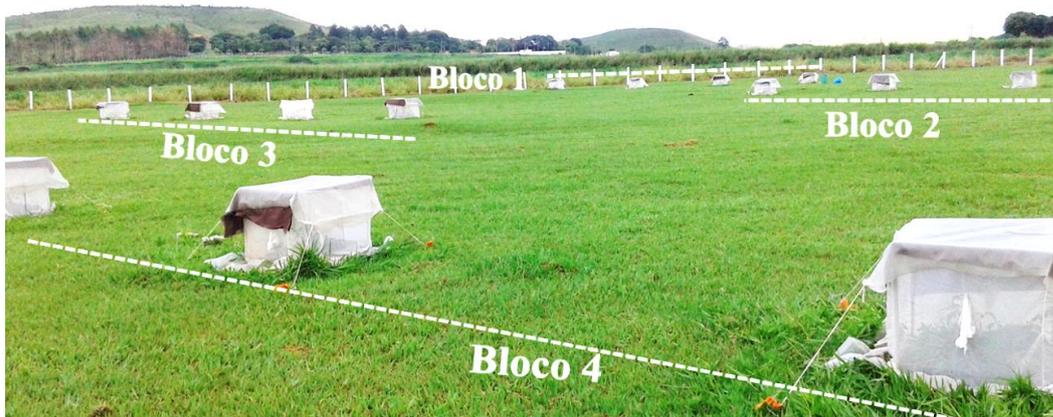
**Figura 1.** Croqui da área experimental contendo quatro blocos cujos tratamentos foram arranjados em esquema fatorial de 2x2 (duas cultivares de tomateiro de crescimento determinado, BRS-Sena e Viradoro, e pulverização das plantas com Engeo Pleno<sup>®</sup> + Triona<sup>®</sup> e água destilada).

### Plantas de tomateiro

As cultivares de tomateiro BRS-Sena e Viradoro foram semeadas em bandejas de isopor de 72 células. Ao atingir duas folhas verdadeiras as mudas foram transplantadas para vasos de 500 ml onde permaneceram até completarem 4-6 folhas verdadeiras para então serem utilizadas nos estudos, simulando a idade de transplante no campo. Em todas as etapas de produção as plantas permaneceram em gaiolas de organza dentro de casas de vegetação para evitar o contato com a mosca-branca e possível infecção por begomovírus.

### Unidade Experimental

A unidade experimental consistiu de uma gaiola de PVC (0,90m altura x 0,70m comprimento x 0,70m largura) recoberta por tecido de tipo organza (Figura 3), contendo 16 plantas de tomateiro sadias de uma única cultivar, dispostas em quatro linhas contendo quatro plantas cada (Figura 4).



**Figura 2.** Disposição dos blocos na área experimental.

Após um dia da aplicação da calda inseticida (realizado do lado de fora da gaiola para não contaminar seu interior) foram liberados aproximadamente 500 adultos de *B. tabaci* virulíferos para begomovírus (Figura 4 A-C). Uma semana após a liberação dos insetos as plantas foram pulverizadas novamente com a mesma mistura inseticida, seguida de nova liberação de 500 insetos virulíferos no dia seguinte. Duas semanas após o início do experimento foi instalada uma armadilha amarela adesiva no centro de cada gaiola, que foram mantidas por dois dias, visando avaliar a presença de moscas-brancas vivas nos tratamentos. Decorrido tal período, as plantas foram pulverizadas com a mistura inseticida e em seguida transferidas para casa de vegetação livre de moscas-brancas, onde permaneceram até o final do experimento.

A avaliação da transmissão de begomovírus ao tomateiro foi efetuada aos 28 dias após a primeira liberação dos insetos nas gaiolas, determinando-se a incidência de plantas infectadas por ToSRV e a severidade da doença, a qual foi baseada em uma escala visual de notas proposta por Lapidot et al. (2006), sendo: 0 = ausência de sintomas 1 = amarelecimento, clorose internerval e mosaico dos folíolos 2 = mosaico, enrugamento dos folíolos, clorose internerval e epinastia e, 3 = mosaico, enrugamento severo e nanismo. Adicionalmente, foram coletados três folíolos do ápice de cada planta para se diagnosticar a presença do vírus por meio de PCR. A metodologia de avaliação sintomatológica, extração do DNA vegetal e PCR são as mesmas descritas no capítulo 2.

A porcentagem (proporção) de plantas infectadas por ToSRV e a severidade da doença foram submetidas a Anova e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas no software SAS versão 9.1 (SAS Institute, 2004).



**Figura 3:** Unidade experimental constituída por gaiola de PVC revestida com tecido de organza, instalada sobre uma camada de tela antiafídica no piso para proteger as plantas da ação de cupins e formigas, e recoberta com outra camada de tela antiafídica no teto com a finalidade de estabilizar a estrutura diante da ação dos ventos (CNPH, Gama – DF).



**Figura 4:** Liberação de 500 adultos de *B. tabaci* virulíferos (ToSRV) na unidade experimental. A: inserção do recipiente contendo os insetos pela abertura lateral da gaiola. B: abertura do recipiente dentro da gaiola para evitar escapes. C: distribuição dos adultos de *B. tabaci* nas plantas de forma aleatória. D: detalhe das plantas de tomateiro arranjadas em quatro linhas com quatro plantas cada (CNPH, Gama – DF).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se efeito significativo da cultivar (G.L. = 1, 9; F = 11,01; P = 0,009), da pulverização (G.L. = 1, 9; F = 46,83; P = 0,0001) e da interação destes fatores (G.L. = 1, 9; F = 6,14; P = 0,0351) na porcentagem de plantas infectadas por ToSRV (Tabela 1). De forma similar, houve diferença significativa na severidade da doença em plantas de tomateiro em razão da cultivar (G.L. = 1, 9; F = 183,27; P = 0,00001), da pulverização da mistura inseticida (G.L. = 1, 9; F = 211,90; P = 0,00001) e da interação de ambos fatores (G.L. = 1, 9; F = 134,65; P = 0,00001) (Tabela 2).

A incidência de plantas com begomovírus na cultivar suscetível (Viradoro) sem inseticida chegou a 100%, confirmando o alto potencial de transmissão primária em função da alta população virulífera de *B. tabaci* liberada nas gaiolas (Tabela 1). O emprego da cultivar BRS-Sena tolerante ao begomovírus reduziu em 56,3% o número de plantas com ToSRV quando comparado à cultivar suscetível (Viradoro) sem inseticida. As plantas de BRS-Sena que foram infectadas pelo begomovírus apresentaram significativamente menor severidade da doença (nota média <1) do que as da cultivar Viradoro sem inseticida (Tabela 2).

**Tabela 1.** Plantas de tomateiro, cvs. Viradoro e BRS-Sena, infectadas por ToSRV em função do tratamento com inseticida e água.

Tratamento	Plantas infectadas (%) <sup>1</sup>	
	Viradoro	BRS-Sena
Testemunha (água)	100,00 ± 0,00 aA (64/64)	43,75 ± 9,20 aB (28/64)
Tiametoxam + lambda-cialotrina + óleo mineral [0,5%]	20,31 ± 5,34 bA (13/64)	15,63 ± 4,03 bA (10/64)

<sup>1</sup> Médias (±EP) seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05). Dados transformados em raiz(x+1) para as análises estatísticas. Dados entre parênteses indicam a proporção de plantas infectadas/sadias, com base na confirmação da infecção por PCR.

A pulverização das plantas com a mistura inseticida tiametoxam+lambdacialotrina+óleo mineral também reduziu significativamente a transmissão primária de ToSRV, como constatado na incidência de plantas infectadas (Tabela 1) e na severidade da begomovirose (Tabela 2). A alta eficiência de controle da mistura inseticida sobre as populações de *B. tabaci* foi confirmada pelas capturas de adultos nas armadilhas adesivas instaladas nas gaiolas no final do estudo. Nenhum inseto foi coletado nas armadilhas das gaiolas com plantas pulverizadas com inseticida (Tabela 3).

**Tabela 2.** Severidade de begomovirose (ToSRV) em plantas de tomateiro em razão da cultivar, do controle químico do vetor e da associação de ambas táticas de manejo da doença.

Tratamento	Severidade da doença <sup>1</sup>	
	Viradoro	BRS-Sena
Testemunha	2,84 ± 0,08 aA	0,44 ± 0,09 aB
Tiametoxam + lambda-cialotrina + óleo mineral [0,5%]	0,34 ± 0,11 bA	0,16 ± 0,04 aA

<sup>1</sup>Médias (±EP) de severidade da doença (escala de notas). Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a  $P < 0,05$ .

**Tabela 3.** Captura de adultos de mosca-branca em armadilhas adesivas amarelas instaladas dentro da gaiola de campo, ao final do experimento.

Tratamento	Adultos capturados/gaiola <sup>1</sup>	
	Viradoro	BRS-Sena
Testemunha	246,00 ± 28,66 (604)	263,50 ± 23,51 (734)
Tiametoxam + lambda-cialotrina + óleo mineral [0,5%]	0,00 ± 0,00 (0)	0,00 ± 0,00 (0)

<sup>1</sup> Média±EPM. Dados em parênteses referem-se ao total de adultos capturados nas quatro gaiolas do tratamento.

Em comparação à parcela testemunha de cada cultivar, o controle químico de *B. tabaci* propiciou reduções de 79,7% e 28,1% na incidência de plantas infectadas por begomovírus em Viradoro e BRS-Sena, respectivamente. A adoção do controle químico também reduziu significativamente a severidade da doença na cultivar suscetível (Viradoro), com mudança na nota sintomatológica de 2,8 para 0,34. Por outro lado, o controle químico da mosca-branca na cultivar tolerante ao begomovírus (BRS-Sena) não ocasionou mudança significativa na severidade da doença em relação ao observado na mesma cultivar sem pulverização da mistura inseticida (Tabela 2). Isto pode ser explicado pelo fato de plantas com gene de resistência apresentarem apenas leves sintomas quando infectadas por begomovírus. Portanto, uma redução em um valor que já é baixo tende a não ser significativo.

Considerando apenas as parcelas que receberam o controle químico, verifica-se que não houve diferença estatística entre as cultivares Viradoro e BRS-Sena para a incidência de ToSRV e a severidade da begomovirose (Tabelas 1 e 2). O oposto ocorreu nas parcelas sem inseticida (testemunhas). Esta mudança na situação entre as duas cultivares em razão do controle químico correspondeu à interação cultivar x inseticida detectada na Anova.

Os resultados indicam que o controle químico da mosca-branca pode ser determinante na redução da transmissão de begomovírus ao tomateiro, desde que adotado corretamente. Neste estudo o tratamento com inseticida proporcionou incidências de ToSRV abaixo de 21% para as duas cultivares (resistente e suscetível a begomovírus). Embora seja um resultado promissor, o comprometimento à produção dessa quantidade de plantas infectadas com begomovírus representa um grande prejuízo econômico ao produtor, principalmente em se tratando de cultivar suscetível aos begomovírus. Era esperado que houvesse forte sinergismo pelo uso de uma mistura inseticida altamente eficiente contra o vetor e a adoção de uma cultivar manifestando resistência ao begomovírus, ou seja, a cv. BRS-Sena ao ser tratada com o inseticida deveria apresentar níveis de incidência do vírus e severidade da begomovirose significativamente inferiores ao observado na cultivar suscetível (Viradoro) e pulverizada com a mesma mistura inseticida. Os resultados, obtidos não permitem visualizar uma redução significativa na severidade da doença decorrente da associação entre táticas de manejo, evidenciando que o sinergismo ocorreu, porém em magnitude menor que a esperada. Apesar disso, não se pode descartar a importância da associação das táticas de controle químico e de resistência varietal aos begomovírus.

O uso de resistência varietal tem se mostrado indispensável em regiões de alta incidência de begomovírus em tomateiro (Giordano et. al., 2005a) e pode complementar a

ação dos inseticidas contra o inseto vetor, visto que a resistência/tolerância se expressa ao longo de todo o ciclo do vegetal e pode contribuir para a proteção das plantas quando o resíduo dos inseticidas na folhagem não é mais capaz de eliminar a mosca-branca antes que ocorra a transmissão.

A utilização racional dos inseticidas também é importante no controle deste complexo de pragas. Embora as cultivares incorporando genes de tolerância a begomovirose não apresentem desenvolvimento da doença, elas continuam sendo hospedeiras dos begomovírus, ocorrendo sintomas primários, replicação e acúmulo de partículas virais aptas a serem transmitidas para outras plantas por *B. tabaci*. Ainda são raras as informações sobre a produtividade de cultivares resistentes submetidas à infecção por vírus do gênero *Begomovirus*. Portanto, o inseticida pode auxiliar na redução das perdas na produtividade da cultivar resistente/tolerante quando infectadas por uma ou mais begomovirose. Além disso, a eliminação de vetores e fontes de inóculo reduz a chance da ocorrência de novos eventos de recombinação viral, evitando o surgimento de vírus mais agressivos e capazes de transpor os mecanismos de resistências dos genes utilizados nos programas de melhoramento de tomateiro.

Os processos envolvidos na resistência aos begomovírus pelo gene *Ty* ainda são pouco conhecidos (Verlaan et al., 2013). Sabe-se que quando estes vírus infectam plantas de tomateiro contendo esse gene há restrições na sua movimentação sistêmica pela planta e baixa acumulação viral, embora ainda ocorra replicação (Mendonza, 2013). Alguns autores relatam ainda a existência de sintomas leves ou quase inexistentes que não evoluem com o passar do tempo, assim como foi encontrado neste trabalho (Tabela 2) (Boiteux, 2007; Macedo, 2011; Mendonza, 2013). Mendoza (2013) avaliou as linhagens LAM 144R - material resistente a begomovírus e LAM 144S - material suscetível, infectadas com diferentes begomovírus pela técnica da biobalística. Apenas 30,7% das plantas da linhagem LAM144R apresentaram sintomas quase imperceptíveis aos 21 dias após inoculação sem evolução dos sintomas após 20 dias. A ausência ou presença leve de sintomas em plantas da linhagem LAM144R inoculadas com ToSRV foi atribuída a tolerância conferida pelo gene *Ty-1* e diferenças nas pressões de inóculo (Mendonza, 2013).

A alta pressão de inóculo para transmissão do ToSRV poderia explicar os sintomas apresentados por plantas da cultivar BRS-Sena e a alta taxa de infecção apresentada pela cultivar suscetível (cv. Viradoro). Nos experimentos realizados com gaiolas no campo utilizou-se grande número de insetos adultos (aproximadamente 1.000 indivíduos/gaiola) com

PAA de 48 horas em planta de tomateiro com sintomas acentuados de infecção por begomovírus.

Mesmo com a alta população de moscas-brancas virulíferas (ToSRV) no início do experimento, o controle químico baseado no inseticida tiametoxam+lambdaciotaltrina em mistura com o óleo mineral Triona<sup>®</sup> reduziu o percentual de plantas sintomáticas, a severidade da doença e a população do vetor (Tabela 1, 2, e 3).

Estas reduções na transmissão obtidas pela utilização correta do controle químico, embora pequenas, são muito significativas para o manejo deste complexo de pragas causador de enormes danos para a agricultura nacional e internacional. No Brasil, tomateiros (cv. Viradoro) infectados precocemente por um isolado de *Tomato chlorotic mottle virus* (ToCMoV) apresentaram perda de 60% na produtividade, devido principalmente à redução no número de frutos por planta, em comparação às plantas sadias (Giordano et al., 2005a). Na Venezuela, tomateiros infectados com Tomato Venezuela virus (ToVEV), transmitidos por *B. tabaci* biótipo B, apresentaram redução de 50% na altura, na área foliar e no peso seco total de plantas (Romay et al., 2010).

Portanto a realização de pesquisas avaliando o efeito da associação de táticas de controle na infecção por begomovírus e na mortalidade da *B. tabaci* são constantemente necessárias. Para o cultivo do tomateiro para processamento industrial o controle químico e a resistência de plantas são duas ferramentas essenciais na produção.

## CONCLUSÕES

- A associação de controle químico eficiente do vetor e uso de cultivar resistente ao ToSRV é muito promissora para o manejo da begomovirose em tomateiro para processamento industrial;
- A mistura de tiametoxam+lambdaciotaltrina e óleo mineral propicia redução considerável na população de *B. tabaci* biótipo B e na transmissão de ToSRV ao tomateiro para processamento industrial, quando pulverizada em plantas com aproximadamente 30 dias de idade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANBINDER, I.; REUVENI, M.; AZARI, R.; PARAN, I.; NAHON, S.; SHLOMO, H.; CHEN, L.; LAPIDOT, M.; LEVIN, I. Molecular dissection of *Tomato leaf curl virus* resistance in tomato line ty172 derived from *Solanum peruvianum*. **TAG Theoretical and Applied Genetics**, v. 119, p. 519-530, 2009.

BIAN, X. Y.; THOMAS, M. R.; RASHEED, M. S.; SAEED, M.; HANSON, P.; DE BARRO, P. J.; REZAIAN, M. A. A recessive allele (tgr-1) conditioning tomato resistance to geminivirus infection is associated with impaired viral movement. **Phytopathology**, v. 97, p. 930-937, 2007.

BOITEUX, L. S.; OLIVEIRA, V. R.; SILVA, C. H.; MAKISHIMA, N.; INOUE-NAGATA, A. K.; FONSECA, M. E. N.; GIORDANO, L. B. Reaction of tomato hybrids carrying the *Ty-1* locus to Brazilian bipartite Begomovirus species. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 20-23, 2007.

CARRINGTON, J. C.; KASSCHAU, K. D.; MAHAJAN, S. K.; SCHAAD, M. C. Cell-to-cell and long-distance transport of viruses in plants. **The Plant Cell**, v. 8, p. 1669, 1996.

CZEPAC, C.; BORGES, J. D.; TEIXEIRA, L. P.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHO, M. M.; OLIVEIRA, T. C.; NAKATANI, J. K.; SANTANA, H. G. Lucros perfurados: vigilância constante. **Pragas – Caderno Técnico (Cultivar HF)**, v. 58, p. 3-7, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **FAOSTAT**. 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

FRANÇA, F. H., VILLAS BOAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. Ocorrência de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera:Aleyrodidae) no Distrito Federal. **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v. 25, p. 369-372, 1996.

GAFNI, Y.; EPEL, B. L. The role of host and viral proteins in intra-and inter-cellular trafficking of geminiviruses. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 60, p. 231-241, 2002.

GERLING, D. **Whiteflies**: their bionomics, pest status and management. Andover: Intercept Ltd., 1990.

GIORDANO, L. B.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, J. B. C.; INOUE-NAGATA, A. K.; BOITEUX, L. S. Efeito da infecção precoce por *Begomovirus* com genoma bipartido em características de frutos de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 815-818, 2005b.

\_\_\_\_\_; SILVA-LOBO, V. L.; SANTANA, F. M.; FONSECA, M. E. N.; BOITEUX, L. S. Inheritance of resistance to the bipartite Tomato chlorotic mottle begomovirus derived from *Lycopersicon esculentum* cv. 'Tyking'. **Euphytica**, v. 143, p. 27-33, 2005a.

GUTIERREZ, C. DNA replication and cell cycle in plants: learning from geminiviruses. **The EMBO Journal**, v. 19, p. 792-799, 2000.

\_\_\_\_\_. Geminivirus DNA replication. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 56, p. 313-329, 1999.

HANSON, P.; GREEN, S.; KUO, G. *Ty-2*, a gene on chromosome 11 conditioning geminivirus resistance in tomato. **Tomato Genetics Cooperative Reports**, v. 56, p. 17-18, 2006.

HUTTON, S. F.; SCOTT, J. W.; SCHUSTER, D. J. Recessive resistance to *Tomato yellow leaf curl virus* from the tomato cultivar Tyking is located in the same region as *Ty-5* on chromosome 4. **HortScience**, v. 47, p. 324-327, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201309.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201309.pdf)>.

Acesso em: 30 out. 2013.

JI, Y.; SCHUSTER, D. J.; SCOTT, J. W. *Ty-3*, a begomovirus resistance locus near the *Tomato yellow leaf curl virus* resistance locus *Ty-1* on chromosome 6 of tomato. **Molecular Breeding**, v. 20, p. 271-284, 2007.

JI, Y.; SCOTT, J. *Ty-3*, a begomovirus resistance locus linked to *Ty-1* on chromosome 6 of tomato. **Tomato Genetics Cooperative Reports**, v. 56, p. 22-25, 2006.

JIANG, Y. X.; BLAS, C.; BARRIOS, L. et al. Correlation between whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) feeding behavior and transmission of *Tomato yellow leaf curl virus*. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 93, p. 573-579, 2000.

LAPIDOT, M. R.; BEN JOSEPH, R.; COHEN, L.; MACHBASH, Z.; LEVY, D. Development of a scale for evaluation of *Tomato yellow leaf curl virus* resistance level in tomato plants. **Phytopathology**, v. 96, p. 1404-1408, 2006.

MACÊDO, M. A. **Estudo dos fatores que influenciam a predominância do begomovírus *Tomato severe rugose virus* no Brasil**. 2011. 108f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; ROCHA, K. C. G.; MITUTI, T.; PELEGRINOTTI, F. M.; FERREIRA, F. Z.; MOURA, M. F.; NAVAS-CASTILLO, J.; MORIONES, E.; PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R. At least two indigenous species of the *Bemisia tabaci* complex are present in Brazil. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 113-121, 2012.

MENDONZA, L.L. **Avaliação de mecanismos da resistência conferida pelo gene *Ty-1* contra *Tomato chlorotic mottle virus* - ToCMoV na linhagem de tomate LAM 144R.** 2013. 143f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia. Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

NIEHL, A.; HEINLEIN, M. Cellular pathways for viral transport through plasmodesmata. **Protoplasma**, v. 248, p. 75-99, 2011.

OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, v. 20, p. 709-723, 2001.

PIETERSEN, G.; SMITH, M. F. *Tomato yellow leaf curl virus* resistant tomatoes show resistance to *Tomato curly stunt virus*. **Plant Disease**, v. 86, p. 528-534, 2002.

ROCHA, K. C. G.; MARUBAYASHI, J. M.; NAVAS-CASTILLO, J.; YUKI, V. A.; WILCKEN, C. F.; PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R. Only the B biotype of *Bemisia tabaci* is present on vegetables in São Paulo State, Brazil. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 120- 123, 2011.

ROJAS, M. R.; HAGEN, C.; LUCAS, W. J.; GILBERTSON, R. L. Exploiting chinks in the plant's armor: evolution and emergence of geminiviruses. **Annual Review of Phytopathology**, v. 43, p. 361-394, 2005.

ROMAY, G.; GERAUD-POUEY, R.; CHIRINOS, D.T.; MORALES, F.; HERRERA, E.; FERNÁNDEZ, C.; MARTÍNEZ, A.K. Transmisión del Tomato Venezuela virus por *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), en Maracaibo, Venezuela. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, 2010.

RUBINSTEIN, G.; CZOSNEK, H. Long-term association of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) with its whitefly vector *Bemisia tabaci*: Effect on the insect transmission capacity, longevity, and fecundity. **Journal of General Virology**, v. 78, p. 2683-2689, 1997.

SAS Institute Inc. **SAS 9.1 Help and Documentation**. Cary: SAS Institute Inc., 2004.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. Principais pragas do tomate para mesa: bioecologia, dano e controle. **Informe Agropecuário**, v. 24, p. 79-92, 2003.

VERLAAN, M.; HUTTON, S.; IBRAHEM, R.; KORMELINK, R.; VISSER, R.; SCOTT, J. W.; EDWARDS, J. D.; BAI, Y. The *Tomato yellow leaf curl virus* resistance genes *Ty-1* and *Ty-3* are allelic and code for DFDGD-class RNA-dependent RNA polymerases. **PLoS Genetics**, v. 9, e1003399, 2013.

VUORINEN, A. L.; KELLONIEMI, J.; VALKONEN, J. Why do viruses need phloem for systemic invasion of plants? **Plant Science**, v. 181, p. 355-363, 2011.

WALLING, L. L. Avoiding effective defenses: strategies employed by phloem-feeding insects. **Plant Physiology**, v. 146, p. 859-866, 2008.

ZAKAY, Y.; NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; KEDAR, N.; RABINOWITCH, H.; CZOSNEK, H.; ZAMIR, D. Screening *Lycopersicon* accessions for resistance to *Tomato yellow leaf curl virus*: presence of viral DNA and symptom development. **Plant Disease**, v. 75, p. 279, 1991.

ZAMIR, D.; EKSTEIN-MICHELSON, I.; ZAKAY, Y., NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; SARFATTI, M.; ESHED, Y.; HAREL, E.; PLEBAN, T.; VAN-OSS, H. Mapping and introgression of a *Tomato yellow leaf curl virus* tolerance gene, *Ty-1*. **TAG Theoretical and Applied Genetics**, v. 88, p. 141-146, 1994.

**CAPÍTULO 4 - INSETICIDAS NO CONTROLE DA TRANSMISSÃO SECUNDÁRIA  
DE BEGOMOVIRUS (GEMINIVIRIDAE) AO TOMATEIRO POR *Bemisia tabaci*  
BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)**

**RESUMO**

O complexo de pragas begomovírus e *Bemisia tabaci* biótipo B assumiu destacada importância nas últimas décadas, sendo apontado atualmente como uma das principais causas de perdas nas lavouras de tomateiro. A transmissão secundária de begomovírus por *B. tabaci* ocorre quando o vetor adquiriu o vírus dentro do campo de produção. Como nem todos os indivíduos que se deslocam ou se desenvolvem dentro da área do cultivo estão virulíferos é necessário impedir a aquisição do vírus através de medidas de controle eficazes. Neste trabalho foi realizado um experimento de campo com a finalidade de avaliar a eficiência de inseticidas sintéticos em mistura com óleo mineral no controle da transmissão secundária de begomovírus pela *B. tabaci* biótipo B. Os tratamentos químicos avaliados foram os inseticidas Engeo Pleno<sup>®</sup> (tiametoxam 141mg do i.a./L de calda + lambda-cialotrina 106mg do i.a./L de calda), Connect<sup>®</sup> (beta-ciflutrina 8,75mg do i.a./L de calda e imidacloprido 70mg do i.a./L de calda) e Actara<sup>®</sup> (tiametoxam 50mg do i.a./L de calda) em mistura com óleo mineral Triona<sup>®</sup> a 0,5% (v/v). Cada planta foi pulverizada com 40 ml de calda inseticida. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso. Plantas de tomateiro, cv. Viradoro, foram acondicionadas em gaiolas de tecido organza dispostas em quatro linhas com quatro plantas cada, após serem pulverizadas com os tratamentos químicos. Cada gaiola recebeu 12 plantas saudáveis e quatro plantas infectadas com o begomovírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) apresentando sintomas severos da doença. As plantas infectadas foram dispostas no centro da gaiola. No dia seguinte em cada gaiola foram liberados 600 adultos de *B. tabaci* biótipo B avirulíferos. Dez dias após o início do experimento foi instalada uma armadilha amarela adesiva no centro de cada gaiola, permanecendo nela por dois dias, com a finalidade de avaliar a presença de moscas-brancas vivas nos tratamentos. Foi avaliada a incidência de ToSRV, a severidade da doença e o número de moscas-brancas restantes no final do experimento. A porcentagem (proporção) de plantas infectadas por ToSRV foi submetida a Anova e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Os dados relativos à severidade da doença foram submetidos à análise de Kruskal-Wallis, seguida pelo teste de Dunn baseado na diferença entre postos (ranks) de tratamentos (P<0,05). Plantas pulverizadas com tiametoxam+lambda-cialotrina e imidacloprido+beta-ciflutrina

misturados com óleo mineral não foram infectadas pelo ToSRV. Constatou-se baixa incidência de ToSRV e reduzida severidade da doença em plantas tratadas com tiametoxam+óleo mineral, porém sem diferenças significativas em relação aos demais inseticidas avaliados. Por outro lado, nas plantas da testemunha verificou-se alta incidência de plantas infectadas pelo begomovírus (>80%) e alta severidade da doença. Praticamente nenhuma mosca-branca foi capturada nas armadilhas amarelas instaladas ao final do experimento em gaiolas com plantas que receberam o tratamento químico. Estes resultados mostraram que tais inseticidas em mistura com óleo mineral podem eliminar grande parte dos insetos adultos da mosca-branca antes de se tornarem virulíferos, propiciando baixos níveis de infecção secundária e de severidade da doença em tomateiro por ToSRV.

**Palavras-chave:** mosca-branca; vírus; controle químico.

## ABSTRACT

### INSECTICIDES FOR THE CONTROL OF THE SECONDARY TRANSMISSION OF BEGOMOVIRUS (GEMINIVIRIDAE) ON TOMATO BY *B. tabaci* BIOTYPE B

The complex of pests begomovirus and *Bemisia tabaci* biotype B assumed pronounced importance in the recent decades, currently believed the major cause of economic losses in tomato crops. The secondary transmission of begomoviruses by *B. tabaci* occurs when the aviruliferous vector acquired the virus in plants of the field production. As not all individuals that move or develop within the area of cultivation are viruliferous it is necessary to prevent virus acquisition through effective control measures. In this work, a field experiment was done to evaluate the efficacy of synthetic insecticides mixed with mineral oil in the control of the secondary transmission of begomovirus by *B. tabaci* biotype B. The chemical treatments evaluated were the insecticides Engeo Pleno<sup>®</sup> (thiamethoxam 141mg of a.i./L of water + lambda-cyhalothrin 106mg of a.i./L in spray solution) Connect<sup>®</sup> (beta-cyfluthrin 8,75mg of a.i./L in spray solution + imidacloprid 70mg of a.i./L in spray solution) and Actara<sup>®</sup> (Thiamethoxam 50 mg of a.i./L in spray solution) in combination with mineral oil Triona<sup>®</sup> 0,5% (v/v). Each plant was sprayed with 40ml of insecticide solution. The experimental design was randomized blocks. Tomato plants, cv. Viradoro, were placed in cages, of organza tissue, into four rows with four plants each, after being sprayed with chemical treatments. Each cage received 12 healthy plants and four plants infected with the begomovirus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) showing severe symptoms of the disease. Infected plants were arranged in the center of the cage. On the next day 600 aviruliferous adults of *B. tabaci* biotype B avirulíferos were released per cage. Ten days after the beginning of the experiment, a sticky yellow trap was installed in the center of each cage, and kept therein for two days in order to assess the presence of alive whiteflies. The ToSRV incidence, severity of disease and the number of whiteflies remaining at the end of the experiment was evaluated. The percentage (proportion) of infected plants ToSRV was submitted to ANOVA and means were compared by Tukey test at a significance level of 5%. The data related to the disease severity were analyzed by Kruskal-Wallis followed by Dunn's test based on the difference between positions (ranks) of treatments ( $P < 0.05$ ). Plants sprayed with lambda-cyhalothrin+thiamethoxam and imidacloprid+beta-cyfluthrin mixed with mineral oil were not infected with ToSRV. It was verified a low incidence of ToSRV and a reduced disease severity in plants treated with thiamethoxam+mineral oil, but with no significant differences

in relation to other tested insecticides. There was a high incidence of begomovirus-infected plants (> 80%) and a high disease severity in the control plants. Almost no whitefly was caught in yellow traps installed at the end of the experiment in cages with plants that received a chemical treatment. These results showed that those insecticides mixed with mineral oil can eliminate most of the adult whitefly insects before they become infective, providing low levels of secondary infection and disease severity of ToSRV in tomato.

**Keywords:** whitefly, virus, chemical control.

## INTRODUÇÃO

O complexo de pragas begomovírus (Geminiviridae) e *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) assumiu destacada importância nas últimas décadas, sendo apontado atualmente como uma das principais causas de perdas econômicas nas lavouras de tomateiro (Souza & Reis, 2003; Czepac et al., 2009). Estes vírus provocam danos severos ao tomateiro podendo reduzir em mais da metade a altura, área foliar e peso seco da planta, gerando enormes prejuízos (Romay et al., 2010).

Quando a infecção ocorre, nos primeiros estágios fenológicos da planta o comprometimento da produção é crítico. Tomateiros da cv. Viradoro (suscetível à begomovirose) infectados precocemente por um isolado de *Begomovirus* relacionado ao *Tomato chlorotic mottle virus* (ToCMoV) apresentaram perda de 60% na produtividade (Giordano et al., 2005).

Dentro do campo de produção podem ocorrer duas formas de transmissão de begomovírus por *B. tabaci*: transmissão primária e transmissão secundária. Na transmissão primária a mosca-branca adquire o vírus fora do campo de produção. Já na transmissão secundária o vetor adquire o vírus em planta infectada por begomovírus localizada na bordadura ou dentro do campo de produção. Devido à dificuldade inerente ao manejo deste vetor e dos begomovírus o controle da transmissão primária é mais incerto, principalmente pelo fato de *B. tabaci* biótipo B conseguir transmitir o begomovírus em apenas cinco minutos de alimentação na planta (Freitas, 2012).

Para adquirir o vírus, a mosca-branca precisa se alimentar em planta infectada por pelo menos cinco minutos, porém é necessário um período mínimo para que ela se torne virulífera visto que o vírus precisa circular em seu corpo até alcançar as glândulas salivares, de onde sai na saliva para o tecido vegetal durante a alimentação do vetor. Este tempo é denominado de período de latência, que para *B. tabaci* biótipo B transmitir um begomovírus é de no mínimo 16 horas (Santos et. al., 2003). Durante a transmissão secundária, há um maior tempo de exposição do vetor aos inseticidas, aumentando as possibilidades de interferência na transmissão.

O controle da transmissão secundária é uma medida muito importante no manejo dos begomovírus. Já foi demonstrado que plantas com begomovirose tendem a ser mais atrativas e melhores hospedeiras para as moscas-brancas, chegando a promover o crescimento populacional do inseto em 13 vezes, devido a um aumento na longevidade em sete vezes e na fecundidade em dezessete vezes ,comparado aos insetos que se desenvolvem em plantas

sadias (Jiu et al., 2007). Estas vantagens são atribuídas ao fato do vírus suprimir as defesas da planta contra herbivoria, caracterizando a existência de mutualismo entre *B. tabaci* e muitos dos begomovírus que ela transmite (Yang et al., 2008; Zhang et al., 2012; Luan et al., 2013 a,b). Portanto, um campo de produção que possua plantas infectadas e alta taxa de infestação ou deslocamento de adultos avirulíferos de *B. tabaci* estará sujeito a dispersão mais rápida do vírus e, conseqüentemente, maiores perdas na produção.

Para realizar o controle do vetor de forma eficiente e racional é necessário avaliar os inseticidas existentes no mercado com relação não só à sua eficácia como inseticida, mas também como agente redutor do potencial de transmissão do vírus.

A utilização de adjuvantes na calda inseticida é uma boa opção no controle de *B. tabaci*. Dentre os adjuvantes existentes destaca-se o óleo mineral devido ao alto nível de controle sobre ninfas e adultos (Liu & Stansly, 1995; Liu & Stansly, 2000). Sua ação inseticida sobre *B. tabaci* biótipo B se dá por asfixia e intoxicação (Grossman, 1990; Rodrigues & Childers, 2002). Este produto pode ser muito relevante no controle da transmissão secundária, pois além de potencializar os efeitos do inseticida, atua no controle de ninfas e adultos de mosca-branca.

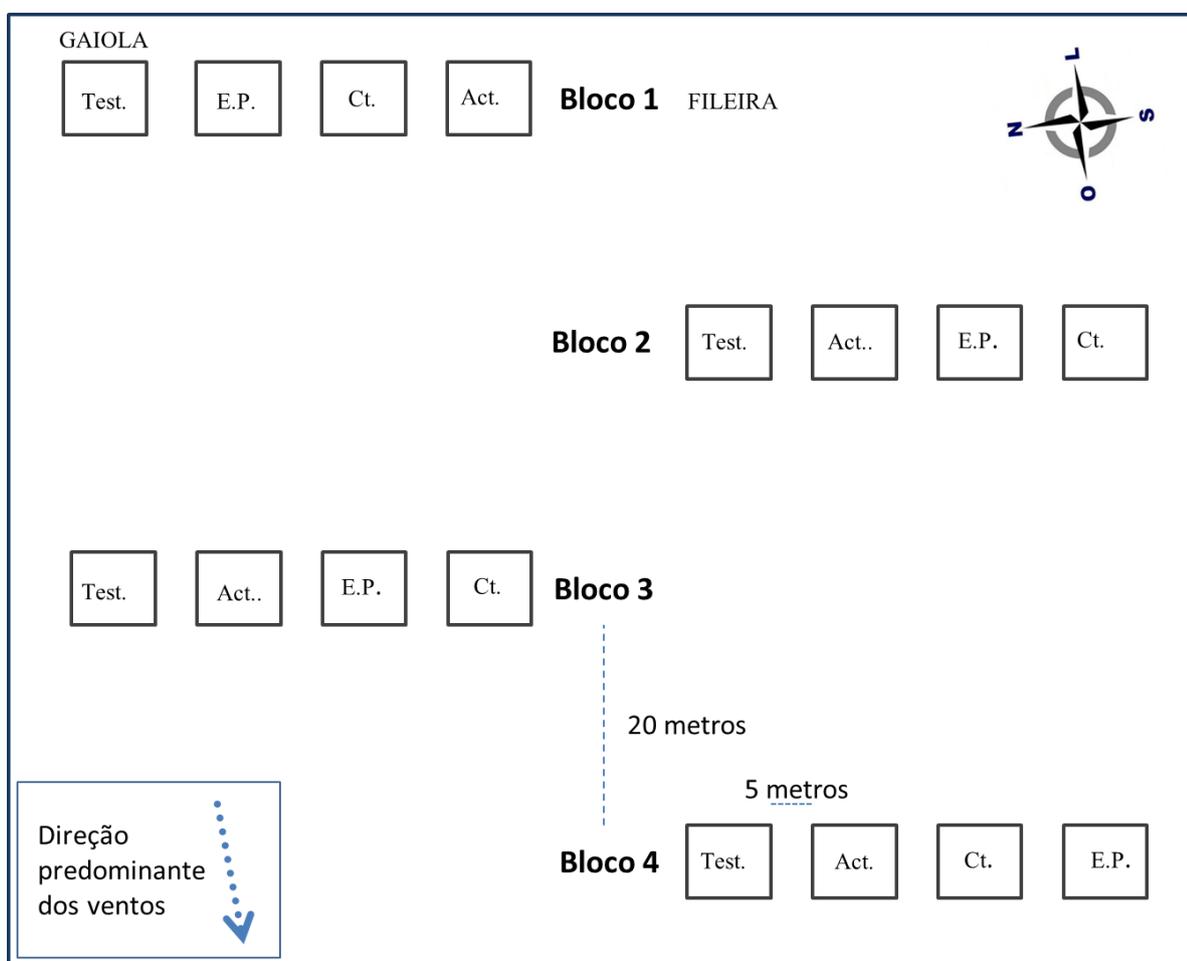
Este trabalho teve como objetivo avaliar a interferência de inseticidas sintéticos em mistura com óleo mineral na transmissão secundária de ToSRV por *B. tabaci* ao tomateiro.

## MATERIAL E MÉTODO

### Área Experimental

O experimento foi realizado sob área gramada (1 ha) do campo experimental da Embrapa Hortaliças (15°56'10" Sul, 48°08'18" Oeste, a 989 metros de altitude), localizada no Gama-DF.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os blocos e gaiolas foram arranjados conforme o esquema da Figura 1. Os blocos consistiram em fileiras de gaiolas instaladas perpendicularmente à direção predominante do vento e distanciadas de 20 metros entre si. Dentro de cada fileira (bloco) as gaiolas ficaram equidistantes de cinco metros.



**Figura 1.** Croqui da área experimental contendo quatro blocos. Cada gaiola é representada por um quadrado onde no seu interior está indicado o tratamento químico que recebeu, sendo: Test = testemunha (água); Act. = Actara<sup>®</sup> (tiametoxam) + óleo mineral; Ct. = Connect<sup>®</sup> (imidacloprido+betaciflutrina) + óleo mineral; E.P. = Engeo Pleno<sup>®</sup> (tiametoxam+ lambda-cialotrina) + óleo mineral.

## **Plantas e fontes de begomovírus**

Sementes da cv. Viradoro (variedade de polinização aberta, crescimento determinado, suscetível aos begomovírus, destinado ao processamento industrial, CNPH) foram semeadas em bandejas de isopor de 72 células. Ao atingir duas folhas verdadeiras as mudas foram transplantadas para vasos de 500 ml, onde permaneceram até alcançar o estágio necessário para início do experimento (quatro folhas definitivas), simulando a idade de transplante no campo. Em todas as etapas de produção as plantas permaneceram em gaiolas de organza dentro de casas de vegetação para evitar o contato com a mosca-branca e possível infecção por begomovírus.

As plantas utilizadas como fonte primária de ToSRV foram cultivadas conforme descrito acima, porém, após serem transplantadas para os vasos, foram infestadas com moscas-brancas virulíferas e mantidas em outra casa de vegetação. Antes de serem empregadas no experimento, essas plantas foram submetidas à avaliação visual da infecção por begomovírus. Somente foram utilizadas no estudo plantas que apresentaram notas 2 ou 3 conforme a escala de Lapidot et al.(2006) de avaliação da begomovirose.

## **Controle químico**

Tendo em vista que os inseticidas tiametoxam + lambda-cialotrina [141mg + 106mg do i.a/L de calda, respectivamente] (Engeo Pleno<sup>®</sup> - Syngenta), imidacloprido [70mg do i.a./L de calda] + beta-ciflutrina [70mg + 8,75mg do i.a/L de calda, respectivamente] (Connect<sup>®</sup> - Bayer) e tiametoxam [50mg do i.a/L de calda] (Actara<sup>®</sup> - Syngenta) em mistura com óleo mineral a 0,5% (v/v) (Triona<sup>®</sup> - mistura de hidrocarbonetos parafínicos, ciclo parafínicos e aromáticos saturados e insaturados provenientes da destilação do petróleo, Basf) foram os mais promissores em experimentos anteriores, eles foram selecionados para os ensaios visando avaliar a transmissão secundária de ToSRV por *B. tabaci*. Os inseticidas foram utilizadas nas dosagens recomendadas pelo fabricante do produto, para a cultura do tomateiro, sendo que a calda inseticida foi preparada com água destilada. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador manual (capacidade de 1,5L; marca Guarany). A pulverização foi realizada no final da tarde (16:30h), em condições de baixa insolação e velocidade do vento.

## **Condições experimentais e avaliação**

A unidade experimental consistiu de uma gaiola de PVC (0,90m altura x 0,70m comprimento x 0,70m largura) recoberta por organza contendo 12 plantas de tomateiro sadias

e quatro infectadas com ToSRV, dispostas em quatro linhas contendo quatro plantas cada. As plantas infectadas foram colocadas no centro da gaiola.

Após um dia da pulverização dos tratamentos com a calda inseticida (realizados do lado de fora da gaiola para não contaminar seu interior) aproximadamente 600 adultos de *B. tabaci* biótipo B avirulíferos foram liberados em cada unidade experimental. Dez dias após o início do experimento foi instalada uma armadilha amarela adesiva no centro de cada gaiola, que foi mantida por dois dias com a finalidade de avaliar a presença de moscas-brancas vivas nos tratamentos. Decorrido tal período, as plantas foram pulverizadas com o inseticida tiametoxam+lambda-cialotrina (Engeo Pleno®) para serem transportadas até casa de vegetação livre de moscas-brancas.

A avaliação da transmissão de ToSRV ao tomateiro foi efetuada aos 21 dias após o primeira liberação dos insetos nas gaiolas, determinando-se a incidência de plantas infectadas por ToSRV e a severidade da doença, a qual foi baseada em uma escala visual de notas proposta por Lapidot et al. (2006), sendo: 0 = ausência de sintomas 1 = amarelecimento, clorose internerval e mosaico dos folíolos 2 = mosaico, enrugamento dos folíolos, clorose internerval e epinastia e, 3 = mosaico, enrugamento severo e nanismo. Adicionalmente, foram coletados três folíolos do ápice de cada planta para se diagnosticar a presença do vírus por meio de PCR. As metodologias utilizadas na avaliação sintomatológica, na extração do DNA vegetal e no PCR foram as mesmas descritas no capítulo 2.

### **Análise estatística**

A porcentagem (proporção) de plantas infectadas por ToSRV foi submetida a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Os dados relativos à severidade da doença foram submetidos à análise de Kruskal-Wallis, seguida pelo teste de Dunn baseado na diferença entre postos (ranks) de tratamentos ( $P < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas no software SAS versão 9.1 (SAS Institute, 2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo dos inseticidas na transmissão secundária de ToSRV pela mosca-branca, com redução tanto na incidência de ToSRV (tratamento: G.L. = 3, 9; F = 107,103; P = 0,000001) (Tabela 1) como na severidade da doença (Kruskal-Wallis: G.L. = 3; H = 141,376; P < 0,001) (Tabela 2).

Plantas pulverizadas com tiametoxam+lambda-cialotrina e imidacloprido+beta-ciflutrina misturados com óleo mineral não foram infectadas pelo ToSRV (Tabela 1). Constatou-se baixa incidência de ToSRV e reduzida severidade da doença em plantas tratadas com tiametoxam+óleo mineral, sem diferenças significativas em relação aos demais inseticidas avaliados (Tabelas 1 e 2). Por outro lado, nas plantas da testemunha verificou-se alta incidência de plantas infectadas pelo begomovírus (>80%) e alta severidade da doença (nota visual > 1,9). Os dados de captura de adultos de *B. tabaci* em armadilhas adesivas instaladas dentro das gaiolas no final do estudo confirmaram a alta eficiência de controle das misturas inseticidas, isto é, apresentaram número de adultos capturados próximos à zero (Tabela 3). Estes resultados demonstraram que tais inseticidas em mistura com óleo mineral podem eliminar grande parte dos insetos adultos da mosca-branca antes do período de latência do begomovírus ter sido finalizado, propiciando baixos níveis de infecção secundária e de severidade da doença em tomateiro por ToSRV.

**Tabela 1.** Incidência de ToSRV em plantas de tomateiro pulverizadas com misturas de inseticidas químicos sintéticos e óleo mineral.

Tratamento	Plantas infectadas <sup>1</sup>
Tiametoxam + óleo mineral 0,5%	4,17 ± 4,17 b (2/48)
Tiametoxam+lambda-cialotrina + óleo Mineral 0,5%	0,00 ± 0,00 b (0/48)
Imidacloprido+beta-ciflutrina + óleo mineral 0,5%	0,00 ± 0,00 b (0/48)
Testemunha	85,42 ± 6,25 a (41/48)

<sup>1</sup> Médias (±EPM) de porcentagem de plantas infectadas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05). Dados transformados em raiz(x+1) para as análises estatísticas. Dados entre parênteses indicam a proporção de plantas infectadas/sadias, com base na confirmação da infecção por PCR.

Freitas (2012) encontrou resultados semelhantes para a interferência do controle químico de *B. tabaci* biótipo B sobre a transmissão secundária de ToSRV. Plantas de tomateiro (cv. Kadá) acondicionadas em gaiolas de tecido voil (25 plantas sadias/gaiola), foram pulverizados com o inseticida cloridrato de cartape e submetidos a experimento simulando as condições da transmissão primária e secundária. A simulação da transmissão primária consistia na liberação de adultos (*B. tabaci* biótipo B) infectivos com ToSRV na gaiola contendo plantas sadias. Já para a transmissão secundária foram liberados insetos avirulíferos em gaiolas contendo 25 plantas sadias mais cinco plantas infectadas com ToSRV distribuídas aleatoriamente. No total, foram realizadas três pulverizações sequenciais do inseticida a intervalos semanais seguidas pela liberação de 200 adultos de *B. tabaci*. O tratamento inseticida não reduziu significativamente a transmissão primária (52%) em relação à testemunha (58%). No entanto, a incidência da doença nas plantas do experimento de transmissão secundária foi significativamente reduzida (6%).

Na transmissão primária, quando o inseto já chega virulífero, a transmissão do vírus com alta taxa de eficiência pode ocorrer dentro de apenas 24 horas (Santos et al., 2003; Freitas, 2012). Desta forma, há pouco tempo para ação dos inseticidas no inseto a fim de impedir a transmissão do vírus. Já na transmissão secundária, o inseto gasta relativamente muito tempo em contato com a planta para adquirir o vírus e ser capaz de transmiti-lo para outra planta (PAA + PL + PAI). Esse período pode ser suficiente para ação letal do inseticida e para impedir a transmissão do vírus.

**Tabela 2.** Severidade de begomovirose (ToSRV) em plantas de tomateiro pulverizadas com misturas de inseticidas sintéticos e óleo mineral para controle do vetor *B. tabaci* biótipo B.

Tratamento	Severidade da doença <sup>1</sup>
Tiametoxam + óleo mineral 0,5%	0,13 ± 0,13 b
Tiametoxam+lambda-cialotrina + óleo mineral 0,5%	0,00 ± 0,00 b
Imidacloprido+beta-ciflutrina + óleo mineral 0,5%	0,00 ± 0,00 b
Testemunha	1,94 ± 0,07 a

<sup>1</sup> Médias (±EPM) de severidade da doença (escala de notas) seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Dunn (não-paramétrico), baseado na diferença entre postos (ranks) (P < 0,05).

Santos et al. (2003) avaliaram o percentual de transmissão do isolado GO-ANPL por *B. tabaci* biótipo B a plantas de tomateiro em diferentes períodos totais de presença do vírus no vetor. Num período de 40 horas (PAA + PAI de 16h + 24h e 24h +16h) o percentual de transmissão foi de 25%. O período total mínimo encontrado onde houve transmissão do vírus foi de 16 horas (PAA + PAI de 8h +8h), com percentual de transmissão de apenas 3,4%. Nesta pesquisa o período de latência (PL) foi considerado no período total e foi utilizada a densidade de cinco insetos não sexados por planta.

**Tabela 3.** Captura de adultos de mosca-branca em armadilhas adesivas amarelas instaladas dentro de gaiola de campo contendo plantas tratadas com inseticidas + óleo mineral para controle da *B. tabaci* biótipo B.

Tratamento	Adultos capturados/gaiola <sup>1</sup>
Tiametoxam + óleo mineral 0,5%	2,00 ± 0,82 (8)
Tiametoxam+lambda-cialotrina + óleo mineral 0,5%	0,00 ± 0,00 (0)
Imidacloprido+beta-ciflutrina + óleo mineral 0,5%	0,00 ± 0,00 (0)
Testemunha	186,75 ± 17,63 (547)

<sup>1</sup> Média±EPM. Dados entre parênteses referem-se ao total de adultos capturados nas quatro gaiolas do tratamento.

Inseticidas que provoquem alta mortalidade de adultos de *B. tabaci* no período de 16 a 48 horas são úteis na redução da transmissão secundária a campo. Vários produtos estão aptos a exercer essa função (capítulo 2), favorecendo o manejo da resistência aos inseticidas através da rotação de ingredientes ativos.

Outro fator a ser levado em consideração na transmissão secundária é a incidência do vírus e a população de mosca-branca na lavoura. O aumento na população de vetores eleva as chances de transmissão de vírus às plantas. Chatterjee et al. (2008) encontraram uma relação diretamente proporcional entre a eficiência de transmissão e o número de moscas-brancas por planta transmitindo um begomovírus associado a planta *Hibiscus cannabinus* na Índia. Romay et al. (2010), estudando as interações entre o Tomato Venezuela virus (ToVEV) e *B. tabaci* biótipo B com o tomateiro, também encontraram aumento na eficiência de transmissão com o incremento na quantidade de adultos por planta. A densidade de um adulto por planta

apresentou eficiência de transmissão de 21,7 %; com 10 adultos por planta a eficiência foi para 67,9% e 20 adultos por planta provocou 95,0% de eficiência na transmissão.

Existem ainda outros fatores ligados ao inseto, que influenciam na eficiência de aquisição e transmissão do vírus como a idade e o sexo (Czosnek et al., 2010; Rubinstein & Czosnek, 1997). Insetos adultos mais velhos possuem menor capacidade de aquisição e transmissão viral que indivíduos mais jovens (Rubinstein & Czosnek, 1997). Fêmeas apresentam maior eficiência para adquirir e transmitir vírus que os machos (Rubinstein & Czosnek, 1997). Neste estudo, tais fatores de variação na eficiência de transmissão foram mantidos, com o objetivo de simular ao máximo as condições presentes no campo. Assim, não houve sexagem e sincronização da idade dos insetos.

A eficiência de aquisição e transmissão desta população de *B. tabaci* biótipo B foi comprovada pela alta incidência de ToSRV na testemunha (>80%). O que também pode ser explicado pelo elevado número de insetos por planta (37 adultos) e pela alta incidência de ToSRV (25% de plantas infectadas na unidade amostral).

Mesmo nestas condições, as misturas de inseticidas sintéticos e óleo mineral avaliados neste experimento foram eficientes no controle da transmissão secundária. Portanto, a correta utilização do controle químico pode ser capaz de neutralizar a transmissão secundária de *Begomovirus* no campo. Esta eficiência pode ser potencializada e mantida pela adoção de um conjunto de medidas contra o complexo de pragas *Begomovirus* – *B. tabaci* biótipo B, como a rotação de ingredientes ativos de diferentes modos de ação, a eliminação de fontes do vírus dentro e fora da lavoura, a adoção do vazão-sanitário, a utilização de cultivares resistentes e outras medidas preconizadas no manejo integrado de pragas.

## CONCLUSÕES

- Os inseticidas tiametoxam+lambdaciotalrina (Engeo Pleno<sup>®</sup>), imidacloprido+beta-ciflutrina (Connect<sup>®</sup>) e tiametoxam (Actara<sup>®</sup>) em mistura com óleo mineral (Triona<sup>®</sup>) podem eliminar grande parte dos insetos adultos da mosca-branca antes do inseto adquirir o begomovírus e se tornar infectivo, propiciando baixos níveis de infecção secundária e de severidade da doença em tomateiro por ToSRV;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHATTERJEE, A.; ROY, A.; GHOSH, S. K. Acquisition, transmission and host range of a begomovirus associated with yellow vein mosaic disease of mesta (*Hibiscus cannabinus* and *Hibiscus sabdariffa*). **Australasian Plant Pathology**, v. 37, p. 511–519, 2008.

CZEPAC, C.; BORGES, J. D.; TEIXEIRA, L. P.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHO, M. M.; OLIVEIRA, T. C.; NAKATANI, J. K.; SANTANA, H. G. Lucros perfurados: vigilância constante. **Cultivar HF**, v. 58, p. 3-7, 2009.

CZOSNEK, H.; GHANIM, M.; RUBINSTEIN G.; MORIN, S.; FRIDMAN, V.; ZEIDAN, M. Whiteflies: vectors – or victims ? – of geminiviruses. In: Maramorosch K (ed.) **Advances in virus research**. New York: Academic: 2001.

FREITAS, D. M. S. *Tomato severe rugose virus (ToSRV) e Tomato chlorosis virus (ToCV):* relações com a *Bemisia tabaci* biótipo B e eficiência de um inseticida no controle da transmissão do ToSRV. 2012. 74p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP, 2012.

GIORDANO, L. B.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, J. B. C.; INOUE-NAGATA, A. K.; BOITEUX, L. S. Efeito da infecção precoce por *Begomovirus* com genoma bipartido em características de frutos de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 815-818, 2005.

GROSSMAN, J. Horticultural oils: new summer uses on ornamental plant pest. **The IPM Practitioner**, v. 12, p. 1-10, 1990.

JIU, M.; ZHOU, X. P.; TONG, L.; XU, J.; YANG, X.; WAN, F. H.; LIU, S. S. Vector-virus mutualism accelerates population increase of an invasive whitefly. **Plos One**, v. 2, e182, 2007.

LAPIDOT, M. R.; BEN JOSEPH, R.; COHEN, L.; MACHBASH, Z.; LEVY, D. Development of a scale for evaluation of *Tomato yellow leaf curl virus* resistance level in tomato plants. **Phytopathology**, v. 96, p. 1404-1408, 2006.

LIU, T. X.; STANSLY, P. A. Toxicity of biorational insecticides to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato leaves. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, p. 564-568, 1995.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. **Pest Management Science**, v. 56, p. 861-866, 2000.

LUAN, J. B.; YAO, D. M.; ZHANG, T.; WALLING, L. L.; YANG, M.; WANG, Y. J.; LIU, S. S. Suppression of terpenoid synthesis in plants by a virus promotes its mutualism with vectors. **Ecology Letters**, v. 16, n. 390-398, 2013a.

\_\_\_\_\_; WANG, Y. L.; WANG, J.; WANG, X. W.; LIU, S. S. Detoxification activity and energy cost is attenuated in whiteflies feeding on *Tomato yellow leaf curl China virus*-infected tobacco plants. **Insect Molecular Biology**, v. 22, n. 5, p.5 97-607, 2013b.

RODRIGUES, J. C. V.; CHILDERS, C. C. Óleos no manejo de pragas e doenças em citros. **Revista Brasileira de Entomologia Agrícola**, v. 23, p. 77-100, 2002.

ROMAY, G.; GERAUD-POUEY, R.; CHIRINOS, D. T.; MORALES, F.; HERRERA, E.; FERNÁNDEZ, C.; MARTÍNEZ, A. K. Transmisión del Tomato Venezuela virus por *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en Maracaibo, Venezuela. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 266-274, 2010.

RUBINSTEIN, G.; CZOSNEK, H. Long-term association of *Tomato yellow leaf curl virus* with its whitefly vector *Bemisia tabaci*: effect on the insect transmission capacity, longevity and fecundity. **Journal of General Virology**, v. 78, p. 2683-2689, 1997.

SANTOS, C. D. G.; ÁVILA, A. C.; RESENDE, R. O. Estudo da interação de um begomovírus isolado de tomateiro com a mosca branca. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 664-673, 2003.

SAS Institute Inc. **SAS 9.1 Help and Documentation**. Cary: SAS Institute Inc., 2004.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. Principais pragas do tomate para mesa: bioecologia, dano e controle. **Informe Agropecuário**, v. 24, p. 79-92, 2003.

YANG, J. Y.; IWASAKI, M.; MACHIDA, C. bC1, the pathogenicity factor of TYLCCNV, interacts with AS1 to alter leaf development and suppress selective jasmonic acid responses. **Genes & Development**, v. 22, p. 2564-2577, 2008.

ZHANG, T.; LUAN, J. B; QI, J. F; HUANG, C. J.; LI, M.; ZHOU, X. P.; LIU S. . *Begomovirus*–whitefly mutualism is achieved through repression of plant defences by a virus pathogenicity factor. **Molecular Ecology**, v. 21, p. 1294-304, 2012.