UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

**GIOVANA CAROLINA DOURADO CRUCIOL**

# CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E MOLECULAR DO *Groundnut ringspot virus* EM JILÓ E CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE *Bemisia tabaci* EM CULTIVARES DE PIMENTÃO

**Botucatu**
**2019**

**GIOVANA CAROLINA DOURADO CRUCIOL**

# CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E MOLECULAR DO *Groundnut ringspot virus* EM JILÓ E CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE *Bemisia tabaci* EM CULTIVARES DE PIMENTÃO

Tese apresentada a Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Agenor Pavan

Coorientadora: Profª. Dra. Renate Krause Sakate

Coorientadora: Dra. Mônika Fecury Moura

**Botucatu**

**2019**

C955c

Cruciol, Giovana Carolina Dourado
Caracterização biológica e molecular do Groundnut ringspot virus em jiló e características biológicas de Bemisia tabaci em cultivares de pimentão / Giovana Carolina Dourado Cruciol. -- Botucatu, 2019
65 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Marcelo Agenor Pavan
Coorientadora: Renate Krause Sakate

1. GRSV. 2. Solanum aethiopicum L.. 3. Orthotospovirus. 4. Inseto-vetor. 5. Capsicum. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: **"CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E MOLECULAR DO *Groundnut ringspot vírus* EM JILÓ E CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA DE *Bemisia tabaci* EM CULTIVARES DE PIMENTÃO"**

AUTORA: GIOVANA CAROLINA DOURADO CRUCIOL
ORIENTADOR: MARCELO AGENOR PAVAN
COORIENTADORA: MÔNIKA FECURY MOURA
COORIENTADOR: MARCELO AGENOR PAVAN
COORIENTADORA: RENATE KRAUSE SAKATE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO AGENOR PAVAN
(Docente Aposentado) / Faculdade de Ciências Agrônomicas

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS MARINGONI
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof.ª Dr.ª REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

DR. VALDIR ATSUSHI YUKI
Depto. Virologia Vegetal / Instituto Agronômico de Campinas

Prof. Dr. JULIO MASSAHARU MARUBAYASHI
Sementes Hortec - Bragança Paulista

Botucatu, 27 de agosto de 2019.

Agradeço a Deus e Nossa Senhora Aparecida.

Dedico aos meus pais, Pedro e Helena. Ao meu irmão, Pedro Gabriel. Ao meu amado namorado, Cleyton.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas – Campus de Botucatu e ao Departamento de Proteção Vegetal, pela oportunidade da realização do curso de doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), - Código de Financiamento 001, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Prof. Dr. Marcelo Agenor Pavan, pela orientação e ensinamentos que foram essenciais para o meu crescimento profissional.

A Prof. Dra. Renate Krause Sakate, também pela coorientação, sugestões e contribuições nesta pesquisa, por toda simpatia, educação e ensinamentos prestados.

A Coorientadora Dra. Mônika Fecury Moura, pelos momentos de conversa, pela paciência em me ensinar e me ouvir, pelos estímulos e contribuições nos ensaios.

A Prof. Dra. Márcia Maria Pereira Sartori, Prof. Dra Tatiane Maria Rodrigues e MSc. Stefany Cristina de Melo Silva, pela atenção e ideias que enriqueceram esse trabalho.

Aos integrantes do Laboratório de Virologia Vegetal: Késsia Pantoja, Felipe Barreto, Luís Watanabe, Bruno de Marchi, Vinícius Bello, Eduardo Gorayeb, Eduardo Vicentim, Eduardo de Souza, Viviane Egawa, Rafaela Ruschel, Isabela Gonçalves, Isabela Morcilo, Bianca Ito, Yago Alexandre, Leonardo Dovigo. Em especial ao Marcos Roberto pela amizade, companheirismo e ajuda nos trabalhos.

Aos colegas de Pós-Graduação pela agradável convivência. Em especial aos alunos do laboratório de Bacteriologia Vegetal: Daniele do Nascimento, João César, Marcelo Soman, Tadeu Fernandes, Luana Melo e Letícia Nogueira.

Aos professores do Programa de Pós-graduação - Proteção de Plantas, pelos ensinamentos.

Aos produtores que nos receberam em suas propriedades e gentilmente nos cederam as amostras necessárias para realização de nosso estudo.

Aos meus pais, Pedro Edivaldo Cruciol e Helena M. Dourado Cruciol, por terem me educado e incentivado em todas as minhas decisões. Por todo apoio prestado, me fazendo acreditar que eu era capaz de realizar esse sonho.

As minhas amigas Marli Koyanagui, Adriana Hernandes, Gabriela Christal e Paula Leite, pelos momentos de conversa, descontração e por toda a amizade.

Ao amado Cleyton, pela motivação nos momentos difíceis, pela paciência nas horas de estresse, pela cumplicidade, carinho e amor.

Ao meu irmão Pedro Gabriel D. Cruciol e minha cunhada Lara Lobregat, pela compreensão, auxílio e participação em todos os momentos de minha vida.

A toda minha família.

*“Existe um momento na vida de cada pessoa que é possível sonhar e realizar nossos sonhos... E esse momento tão fugaz chama-se presente e tem a duração do tempo que passa”.*

Mario Quintana

*“No momento que você pensar em desistir, lembre-se de todos os motivos que levaram você aguentar firme por tanto tempo”.*

desconhecido

## RESUMO

A família Solanaceae é uma das mais importantes na agricultura, pois engloba culturas economicamente expressivas no Brasil e no mundo. Dentre os fatores que podem prejudicar a produção de solanáceas, destacam-se as viroses e a infestação por insetos. Diante dos aspectos de grande importância descritos acima a tese foi dividida em dois capítulos. O capítulo 1, trata-se do primeiro relato de groundnut rigspot virus em jiló Brasil, na qual, anormalidades foram observadas em campos de produção de jiló (*Solanum aethiopicum* L.) no interior de São Paulo região de Itápolis. Sintomas de anéis necróticos e concêntricos foram observados em folhas e frutos, típicos da infecção por vírus. As plantas foram submetidas a extração de RNA total e RT-PCR. Os amplicons foram purificados e sequenciados, confirmando a identidade de 99% com GRSV vírus foi identificado como groundnut ringspot virus (GRSV). Testes biológicos foram realizados em *Solanum melongena* cv. Napolitana, *S. melongena* cv. Napoli, *S. melongena* cv. Roma, *S. aethiopicum* cv. Morro Grande, *S. aethiopicum* cv. Comprido Verde Claro, *Datura stramonium*, *S. lycopersicum* Mariana, *Nicotiana tabacum* "TNN", *N. tabacum* Virgínia, *Capsicum annuum* 'Magali R' e *S. americanum*. Ao final de 30 dias, todas as espécies testadas apresentaram sintomas sistêmica, evidenciando a infecção viral. No capítulo 2 foi abordado o desempenho de espécies crípticas de *Bemisia tabaci* em cultivares de pimentão. Com a introdução da espécie Mediterranean no Brasil, também conhecida por biótipo Q, e tendo a informação de que ela é muito adaptada a cultura do pimentão e apresenta baixa suscetibilidade a diferentes inseticidas, foram testados genótipos de pimentão quanto ao desempenho e atratividade das espécies MEAM1 e MED. Os acessos IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1544 apresentaram tolerância a espécie Mediterranean, por exibirem baixa eclosão de ovos, pouca emergência de adultos, e menor sobrevivência de insetos. Além disso, IAC 1549 e IAC 1551 foram pouco atrativos para MED. A espécie Mediterranean possui maior preferência e atratividade diante de MEAM1 em pimentão. A cultivar 'Dahra R' se destacou por apresentar baixa preferência por oviposição, pouca emergência de adultos e menor sobrevivência de MEAM1 e MED, além de, baixa eclosão de ninfas de MED. Dessa forma, conclui-se que existem materiais tolerantes a mosca-branca, ressaltando que o emprego de cultivares tolerantes podem ser uma alternativa aos produtores no manejo de mosca-branca,

além disso, há genótipos com potencial de serem integrados em programas de melhoramento, buscando o desenvolvimento de novas cultivares tolerantes a mosca-branca.

**Palavras chave:** GRSV, *Solanum aethiopicum* L., *Orthotospovirus*, inseto-vetor, *Capsicum*, não-preferência.

## ABSTRACT

The Solanaceae family is one of the most important in agriculture, since it encompasses economically expressive cultures in Brazil and in the world. Among the factors that may impair the production of solanaceous we can cite the viruses and the insect infestations. Faced with the aspects of great importance the thesis was divided into three chapters. Chapter 1, we describe the first report of groundnut rigspot virus in scarlet eggplant Brazil, in which abnormalities were observed in fields of scarlet eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) in the interior of São Paulo region of Itápolis. Symptoms of necrotic and concentric rings were observed on leaves and fruits, typical of virus infection. The plants were submitted to extraction of total RNA and RT-PCR. The amplicons were purified and sequenced, confirming the 99% identity with groundnut ringspot virus (GRSV). Biological tests were performed in Solanum melongena cv. Napolitana, *S. melongena* cv. Napoli, *S. melongena* cv. Roma, *S. aethiopicum* cv. Morro Grande, *S. aethiopicum* cv. Comprido Verde Claro, *Datura stramonium*, S. *lycopersicum* Mariana, *Nicotiana tabacum* "TNN", *N. tabacum* Virgínia, *Capsicum annuum* 'Magali R' e *S. americanum*. At the end of 30 days, all species tested had systemic infection. In chapter 2, the performance of critical species of *Bemisia tabaci* in sweet pepper cultivars was addressed. With the introduction of the Mediterranean species in Brazil, also known as Q biotype, and having the information that it is very adapted to the pepper crop and has low susceptibility to different insecticides, pepper genotypes were tested for the performance and attractiveness of MEAM1 species. and MED. The accessions IAC 1549, IAC 1551 and IAC 1544 showed tolerance to Mediterranean species, because they exhibit low hatching of eggs, little adult emergence, and lower insect survival. In addition, IAC 1549 and IAC 1551 were unattractive to MED. The Mediterranean species has greater preference and attractiveness over MEAM1 in sweet pepper. The cultivar 'Dahra R' stood out for its low preference for oviposition, low emergence of adults and lower survival of MEAM1 and MED, besides low hatching of MED nymphs. Thus, it is concluded that there are tolerant species to whitefly, emphasizing that the use of tolerant cultivars may be an alternative to producers in the management of whitefly, and there are genotypes with potential to be integrated in breeding programs. seeking the development of new whitefly tolerant cultivars.

**Keywords:** GRSV, *Solanum aethiopicum* L., *Orthotospovirus*, insect-vector, *Capsicum*, no-preference

**SUMÁRIO**

**INTRODUÇÃO GERAL ..... 17**
**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 19**
**CAPÍTULO 1 - FIRST REPORT OF GROUNDNUT RINGSPOT VIRUS IN SCARLET EGGPLANT IN BRAZIL ..... 30**
Acknowledgements ..... 31
References ..... 31
**CAPÍTULO 2 - DESEMPENHO DE ESPÉCIES CRÍPTICAS DE *BEMISIA TABACI* EM CULTIVARES DE PIMENTÃO ..... 32**
Resumo ..... 32
1. Introdução ..... 33
2. Material e métodos ..... 34
2.1. Identificação e criação de espécies de mosca-branca ..... 34
2.2. Teste com livre escolha para MEAM1 e MED ..... 35
2.3. Teste sem chance de escolha para MEAM1 e MED ..... 35
2.4. Densidade de tricomas em microscópio eletrônico de varredura ..... 36
2.5. Análise estatística ..... 36
3. Resultados ..... 36
3.1. Desempenho e atratividade de MED em genótipos de *Capsicum* ..... 36
3.2. Desempenho e atratividade de MEAM1 e MED em cultivares comerciais de pimentão ..... 37
3.2.1. Número de ovos ..... 37
3.2.2. Eclosão ..... 38
3.2.3. Número de adultos emergidos ..... 38
3.2.4. Sobrevivência ..... 38
3.3. Atratividade de *Bemisia tabaci* (MEAM1 e MED) ..... 40
3.4. Densidade de tricomas ..... 41
4. Discussão ..... 44
Agradecimentos ..... 46
5. Referências ..... **47**
**CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 52**
**REFERÊNCIAS ..... 53**

## INTRODUÇÃO GERAL

A família Solanaceae ocorre em diversas partes do mundo e tem como centro de diversidade a América Central e do Sul, onde se tem a maior riqueza de espécies (D'ARCY, 1991). É um dos grupos de plantas mais importantes na agricultura e engloba espécies cultivadas como o tomate, berinjela, jiló, batata, pimentão e pimentas. Diversas doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus podem comprometer a produção de solanáceas, assim como também podem ser acometidas por diferentes insetos-praga, gerando grandes prejuízos aos produtores (KIMATI et al., 2005; GALLO et al., 2002).

Uma doença de grande importância no Brasil e que ocorre em solanáceas é o vira-cabeça do tomateiro, causada pelo gênero *Orthotospovirus*, pertencente à família *Tospoviridae*, que apresenta o genoma RNA negativo. A doença foi relatada em 1915 na Austrália (BRITTLEBANK, 1919). E em 1930 foi nomeado o agente etiológico tomato spotted wilt virus (TSWV) que desde então é considerada a espécie tipo (SAMUEL et al., 1930; FAUQUET et al., 2005).

As infecções por *Orthotospovirus* geram prejuízos, principalmente em se tratando de hortaliças e plantas ornamentais. Dependendo da espécie, o espectro de hospedeiros inclui um grande número de plantas de interesse econômico, além de plantas daninhas. As perdas são geradas não somente pela redução da produtividade, mas também pela deformação dos frutos refletindo diretamente na qualidade (PAPPU et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011; ZHOU et al., 2011).

O *Groundnut ringspot virus* é uma das espécie de Orthotospovírus prevalentes no Brasil tendo como importante vetor a espécie de tripes *Frankliniella schultzei* nas regiões produtoras e a alta eficiência de transmissão (NAGATA et al., 2004). Leão et al. (2014) identificaram a espécie GRSV infectando plantas comerciais de melancia (*Citrullus lanatus*) no estado de São Paulo. Camelo-Garcia et al. (2014) registraram a ocorrência de GRSV em plantas de amendoim forrageiro e Spadotti et al. (2014) publicaram o primeiro relato de GRSV em frutos de pepino no Brasil.

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemptera: Aleyrodidae) é um dos insetos-praga mais prejudiciais e invasivos e está difundido ao redor do mundo, causando perdas a várias culturas (De BARRO et al., 2011; LAPIDOT et al., 2014). Causa dano direto, por meio da alimentação no floema da planta e danos indiretos

pela excreção do *honeydew* na superfície das folhas e dos frutos, que favorece o crescimento do fungo *Capnodium* sp., sendo responsável por diminuição do potencial fotossintético das plantas, além disso, é um excelente vetor de vírus (NAVAS-CASTILLO et al., 2011).

Atualmente, *B. tabaci* é composta por um complexo de espécies crípticas, no qual há ao menos 44 espécies descritas em todo o mundo. Estas espécies englobam populações que são morfologicamente idênticas, podendo apresentar características biológicas e ecológicas diferentes, além de poderem ser diferenciadas pela análise do DNA mitocondrial do inseto (De BARRO et al., 2011; KANAKALA e GHANIM, 2019).

As espécies invasivas pertencentes a este complexo são: Middle East-Asia Minor 1 - MEAM1 (também referida por biótipo B) relatada no Brasil na década de 1990 (LOURENÇÃO e NAGAI, 1994) e a espécie Mediterranean, MED (conhecida como biótipo Q), identificada em 2014 no Brasil (BARBOSA et al. 2015).

*B. tabaci* MEAM1 é atualmente a espécie predominante e responsável por perdas de até 100% em diversas culturas. A espécie MED foi detectada até o momento nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e mais recentemente em Goiás, Mato Grosso e Espírito Santo (dados não publicados). Este inseto está muito relacionado a plantas ornamentais, coletadas em produções comerciais ou em floriculturas (MORAES et al., 2018; MORAES et al., 2017; BARBOSA et al., 2015).

A identificação da espécie críptica MED de *B. tabaci* no Brasil traz novas preocupações quanto aos problemas relacionados a este inseto e transmissor de vírus. Sabe-se que MED é muito adaptada a cultura do pimentão, tendo deslocado a espécie MEAM1 em áreas de cultivo desta espécie (SUN et al. 2013). E também, têm menor suscetibilidade às doses dos inseticidas imidacloprid, tiametoxam, pyriproxifen, entre outros, quando comparado à espécie MEAM1 (SUN et al. 2013).

*Bemisia tabaci* é uma vetora de vírus em diversas culturas. Atualmente no Brasil os problemas relacionados a vírus transmitidos por mosca-branca são mais graves na cultura do tomate, uma vez que predomina a espécie MEAM1 de mosca-branca, altamente adaptada a esta cultura (MARUBAYASHI et al. 2013). Porém, com a identificação da espécie MED e preferência por pimentão, faz-se necessário procurar fontes alternativas de controle da praga nesta cultura.

Diante dos aspectos de grande importância descritos acima a tese foi dividida em dois capítulos intitulados: 1) **“First report of *Groundnut rigspot virus* in scalet**

**eggplant in Brazil"** redigido em inglês e publicado na revista Journal of Plant Pathology, disponível através do DOI: https://doi.org/10.1007/s42161-018-0171-2. E 2) **"Desempenho de espécies crípticas de *Bemisia tabaci* em cultivares de pimentão"** redigido em português, que será futuramente publicado em uma revista de alto fator de impacto.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Gênero *Orthotospovirus*

Os orthotospovírus são encontrados em todos os continentes e infectam uma grande variedade de cultivares de hortaliças, grãos e plantas ornamentais economicamente importantes como crisântemo, íris, cebola, tomate, pimentão, jiló, alface, abobrinha, melancia, batata, amendoim, soja e feijão (PAPPU et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2012; ZHOU et al., 2011).

De acordo com o International Committee on Taxonomy of Viruses (2019), os vírus pertencentes ao gênero *Orthotospovirus* pertencentes ao Domínio: *Riboviria,* Reino: *Negarnaviricota,* Sub-reino: *Polyploviricotina,* Classe: *Ellioviricetes,* Ordem: *Bunyavirales,* Família: *Tospoviridae.*

O gênero *Orthotospovirus* é composto por 18 espécies, sendo elas, *Bean mecrotic mosaic orthotospovirus*, *Calla lily chlorotic spot orthotospovírus, Capsicum chlorosis orthotospovírus, Chrysanthemum stem necrosis orthotospovírus, Groundnut bud necrosis tospovirus, Groundnut ringspot tospovirus, Groundnut yellow spot tospovirus, Impatiens necrotic spot tospovirus, Iris yellow spot tospovirus, Melon severe mosaic orthotospovírus, Melon yellow spot orthotospovírus, Polygonum ringspot tospovirus, Soybean vein necrosis orthotospovírus, Tomato chlorotic spot tospovirus, Watermelon bud necrosis tospovirus, Watermelon silver mottle tospovirus, Zucchini lethal chlorosis tospovirus* e *Tomato spotted wilt tospovirus* considerada a espécie tipo (ICTV, 2019).

Os orthotospovirus são constituídos de partículas pleiomórficas de 80 - 120 nm de diâmetro, genoma de RNA fita simples tripartido com polaridade negativa ou ambisenso e são envelopados. Os segmentos genômicos são denominados RNA S (Small), RNA M (Medium) e RNA L (Large). Possuem sequências terminais com uma complementaridade parcial que permite o surgimento de uma conformação pseudocircular (De HAAN et al., 1989).

O RNA S codifica uma proteína não estrutural supressora de silenciamento gênico no sentido viral denominada NSs e a nucleoproteína (N) no sentido complementar viral (De HAAN et al., 1990; TAKEDA et al., 2002). O RNA M codifica uma proteína não estrutural de movimento no sentido viral denominada NSm e o precursor das glicoproteínas do envelope (Gn e Gc) no sentido complementar viral (KORMELINK et al., 1992; STORMS et al., 1998). Já o RNA L, diferentemente dos segmentos anteriores que apresentam sequências ambisenso, possui somente polaridade negativa e codifica uma grande proteína (proteína L) com motivos conservados e encontrados em RNA polimerases dependentes de RNA (De HAAN et al., 1991). Assim, o vírion é composto por ribonucleoproteínas (RNP), que são os segmentos de RNA encapsidados por nucleoproteínas (N) e por algumas cópias da RNA polimerase viral dependente de RNA (proteína L) (VAN POELWIJK et al., 1993). O envelope que circunda estes complexos ribonucleoprotéicos é oriundo de membranas celulares dos hospedeiros e possui projeções na sua superfície compostas pelas glicoproteínas virais Gn e Gc (KIKKERT et al., 1999).

**Transmissão de *Orthotospovirus***

Os orthotospovírus são transmitidos de maneira circulativa propagativa por insetos da ordem *Thysanoptera*, conhecidos como tripes (WIJKAMP et al., 1993). São insetos muito pequenos (1 - 1,5 mm de comprimento) e encontram-se disseminados por todo o mundo. Existem cerca de 5.000 espécies identificadas, porém somente algumas são conhecidas como potenciais vetores de orthotospovírus, sugerindo uma co-evolução entre vírus e vetor referente à especificidade de transmissão (BRUNNER et al., 2002; PAPPU et al., 2009).

Quatorze espécies de tripes pertencentes aos gêneros *Frankliniella* (nove espécies), Thrips (duas), Scirtothrips (uma), Ceratothripoides (uma) e Dictyothrips (uma) já foram descritas como vetores de orthotospovírus (CIUFFO et al., 2010; KING et al. 2012). *Frankliniella schultzei* é considerado o principal vetor, seguido por *F. occidentalis* (PAVAN et al., 1993; ZAWADNEAK et al., 2015).

No processo de transmissão o inseto adquire o vírus principalmente no primeiro estádio ninfal (WIJKAMP et al., 1993), a transmissão só é observada no final do segundo ínstar, mas é realizada com maior eficiência pelos adultos virulíferos (VAN de WETERING et al., 1996). Nos segundo e terceiro estádios ninfais não ocorre alimentação, consequentemente não adquire e não transmite vírus (NAGATA;

PETERS, 2001). Após a ingestão das partículas virais, os vírions chegam ao intestino médio, primeiro sítio de ligação e entrada nas células do inseto. Lá, replicam-se e por um mecanismo não conhecido atravessam a membrana basal chegando as células musculares viscerais, onde continuam a se propagar (NAGATA et al., 1999). Posteriormente, atravesssam a membrana basal dessas células e adentram a glândula salivar. Os vírions saem da glândula salivar através da membrana apical e são expelidos com as secreções salivares nos tecidos vegetais durante a alimentação do tripes vetor (WHITFIELD et al., 2005). Não há transmissão vertical do vírus de insetos adultos para sua prole, ou seja, cada geração de tripes só adquire o orthotospovírus no estágio ninfal alimentando-se em uma planta doente (WIJKAMP et al., 1996).

**Sintomatologia**

Os sintomas iniciais de orthotospovírus em tomateiro aparecem no ápice da planta, com um aumento de pigmentos nos tecidos (semelhantes à melanina), apresentando coloração arroxeada, evoluindo para um bronzeamento e necrose apical, podendo levar à morte da planta. O ápice da planta também tende a apresentar desenvolvimento assimétrico (ponteiro virar para um dos lados), daí a denominação de “vira-cabeça do tomateiro”. As folhas e os frutos podem apresentar sintomas em forma de anéis circulares, característicos da doença (SILVA et al., 2006; LIMA, MICHEREF FILHO, 2015).

Em pimentão, os sintomas são similares aos do tomate, entretanto não ocorre o bronzeamento dos tecidos, podendo apresentar como sintoma principal a ocorrência de clorose (amarelecimento das folhas do ápice) e o ponteiro virar para um dos lados. Nos frutos podem ser observados sintomas de manchas circulares de coloração amarelada, vermelho ou esverdeada, anéis, deformações, estrias e até mesmo rachaduras. Nas folhas pode-se observar a presença de anéis circulares, sintoma caraterístico e comum do vírus na cultura. O superbrotamento é um dos sintomas que podem ocorrer, caso a planta seja infectada precocemente (CHO et al., 1989; Lima, 2019).

Em geral, sintomas de necroses, clorose e anéis são comuns em solanáceas, como em tomateiro, pimentão, pimenta, berinjela, jiló e batata, plantas folhosas como a alface, bem como diversas plantas daninhas. Dessa forma, a observação de sintomas pode, muitas vezes, possibilitar a identificação da doença.

Os orthotospovirus apresentam uma ampla gama de hospedeiros, com mais de mil espécies de plantas, incluindo plantas ornamentais, plantas das famílias asteráceas, solanáceas e fabáceas, além de diversas plantas daninhas (POZZER et al., 1996; PAPPU et al., 2009). Essa ampla gama de hospedeiros dificulta o manejo da doença, pois essas plantas servem de fonte de inóculo do vírus e perpetuação da doença no campo.

**Manejo de *Orthotospovirus***

O manejo de orthotospovírus é difícil devido ao amplo círculo de hospedeiros e ao ineficiente controle químico do tripes que atua como vetor (PAPPU et al., 2009). Dessa forma, o Manejo Integrado de Doenças (MID) deve ser implementado com medidas fitossanitárias, culturais, químicas e biológicas, quando apropriadas.

Assim como qualquer outra espécie de vírus que apresenta insetos vetores como principal forma de transmissão e perpetuação, o manejo de orthotospovírus em tomate e pimentão deve estar focado no controle preventivo da doença (DUSI, 2007; PAPPU, 2009).

Uma das principais medidas estratégias a serem adotadas é a programação do plantio. Esta medida de controle objetiva o cultivo de tomate e pimentão em épocas com a menor pressão de população de tripes. Desse modo, deve-se evitar meses mais quentes, como dezembro, janeiro e fevereiro, principalmente, pois nesse período as condições ambientais são favoráveis à multiplicação do vetor. Esse é um dos fatores mais importantes, pois nos meses de verão a população do inseto vetor é alta, dificultando o manejo da doença e do inseto (SILVA et al., 2013).

Para o início de novos cultivos a utilização de mudas sadias e livres de vírus é imprescindível. Os viveiros e a cultura devem ser instalados em locais distantes de plantas hospedeiras de vírus e vetores, e cultivos de pimentão instalados distantes de plantios de tomate, pois uma cultura pode servir de fonte de inóculo do vírus para a outra, caso existam plantas doentes (DUSI, 2007; INOUE-NAGATA, 2013; SILVA et al., 2013)

Além disso, é importante evitar o cultivo sucessivo de plantas hospedeiras do vírus na área produtiva, como plantas ornamentais, as asteráceas, fabáceas e solanáceas, para diminuir a fonte de inóculo do vírus no sistema produtivo (POZZER et al., 1996)

Como a gama de hospedeiros do vírus e do vetor é alta, incluindo diversas espécies de plantas daninhas, as áreas de produção devem ser mantidas limpas, para evitar que estas plantas sirvam como fonte de inóculo do vírus ou como fonte de tripes. Importante destacar que não apenas a área de cultivo deve ser mantida livre de plantas daninhas, mas também o entorno deve ser manejado de forma adequada (INOUE-NAGATA, 2013). Dentre as plantas daninhas, destaca-se a “beldroega”, pois é uma planta-chave na disseminação do “vira-cabeça”. Essa planta, além de ser hospedeira do vírus e do tripes, sua propagação vegetativa favorece a manutenção da doença no campo.

Para medidas de controle do inseto-vetor recomenda-se o monitoramento de tripes através de armadilhas adesivas de coloração amarela ou azulada, associada ao controle químico do inseto (MICHEREFF FILHO et al., 2012). Em geral, aplicações foliares de inseticidas não demonstram supressão da doença na área, especialmente quando o vetor está presente. Entretanto, aplicações de inseticidas diretamente do solo via modo “drench”, após o transplantio das mudas, tem-se demonstrado uma medida promissora para evitar a dispersão do “vira-cabeça”. Dessa forma, o manejo químico do inseto-vetor é uma das práticas mais utilizadas e eficazes no manejo de tripés para o controle da doença. Porém, deve ser utilizada de maneira adequada, com rotação de ingredientes ativos e aplicação iniciada quando a pressão do vetor não seja excessivamente alta (SOUZA; REIS, 2003; SILVA et al., 2013).

A utilização de quebra-ventos ou barreiras ao redor da área de cultivo é uma medida de manejo importante, pois tem como objeto evitar a entrada de tripes na área produtiva. Além disso, evita a dispersão do vetor dentro do sistema produtivo. Outras práticas culturais, como adubação equilibrada (evitar excesso de nitrogênio) e irrigação adequada, auxiliam no manejo da doença (SILVA et al., 2013; LIMA, MICHEREFF FILHO, 2015).

Em geral, a utilização de apenas uma medida de controle não é eficaz para combater a doença. Dessa forma, é recomendado lançar mão de todas as medidas de manejo disponíveis para que se possa manejar o “vira-cabeça” de forma eficiente.

**Hemiptera: Aleyrodidae: *Bemisia tabaci* (Gennadius)**

A classe insecta compreende 29 ordens (GALLO et al., 2002), dentre as quais a ordem Hemiptera foi descrita por Linnaeus, em 1758. A palavra Hemiptera vem do latim e significa Hemi=metade; ptera=asas. Dentro desta ordem se encontra a

subordem Sternorrhyncha que compreende cerca de 16.000 espécies organizadas em quatro superfamílias: Aleyrodoidea (mosca-branca), Psylloidea (psilídeos); Aphidoidea (afídeos) e Coccoidea (cochonilhas) (GULLAN; MARTIN, 2009).

A família Aleyrodoidea é dividida em duas subfamílias: Aleurodicinae que apresenta espécies descritas principalmente na América do Sul, América Central e Caribe. Compreende cerca de 130 espécies sem grande importância econômica, como por exemplo, *Aleurodicus dugesii* e *Aleurodicus dipersus*, e a subfamília Aleyrodinae, na qual estão presentes cerca de 1560 espécies distribuídas em 161 gêneros. As espécies presentes nesta última subfamília são conhecidas como mosca-branca, pois secretam uma cera branca que recobre seu corpo e asas (GULLAN; MARTIN, 2009). Destacam-se: *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), *Bemisia afer* e as espécies pertencentes ao complexo *Bemisia tabaci* (Gennadius) (VAN LENTEREN; NOLDUS, 1990; GAMARRA et al., 2010; DE BARRO et al., 2011).

A mosca-branca *B. tabaci* é provavelmente originária do sul da Ásia (subcontinente indiano), onde existe grande diversidade de inimigos naturais desta praga. No entanto, a espécie foi originalmente descrita pela primeira vez na Grécia como *Aleyrodes tabaci*, sendo coletadas em plantas de fumo (GENNADIUS, 1889). Takahashi (1936 apud PERRING, 2001) inseriu “tabaci” no gênero *Bemisia*, resultando na espécie *B. tabaci* (Gennadius) que perdura até os dias de hoje. Desde sua primeira descrição, a mosca-branca recebeu inúmeras designações e essas sinonímias foram reagrupadas dentro da espécie *B. tabaci*, de acordo com as descrições morfológicas.

No Brasil, *B. tabaci* passou a fazer parte do cenário nacional no início da década de 90, a partir da introdução do biótipo B (espécie Middle East-Asia Minor 1- MEAM1) e associação com a transmissão de vírus, principalmente do gênero *Begomovirus* (LOURENÇÃO; NAGAI, 1994; ZERBINI et al., 2002) e mais recentemente do ToCV (BARBOSA et al., 2011).

### ***Bemisia tabaci*: complexo de espécies crípticas**

O complexo *B. tabaci* é constituído de populações morfologicamente idênticas, mas que exibem variabilidade biológica quanto aos hospedeiros preferencialmente colonizados, polimorfismo genético, fecundidade, composição de procariotas endossimbiontes e capacidade de transmissão das diferentes espécies de begomovírus (BROWN et al., 1995; FROHLICH et al., 1999; GUEGUEN et al., 2010).

Tradicionalmente foram caracterizadas em cerca de 40 diferentes biótipos (UEDA; BROWN, 2006), dos quais apenas dois destes (biótipo A e B) relatados no Brasil (RABELLO et al., 2008).

Estudos mais recentes utilizando a análise do gene mitocondrial cytochroma oxidase I (mtCOI) demonstraram que *B. tabaci* não é composta de biótipos e sim por um complexo de diferentes espécies crípticas (DINSDALE et al., 2010; DE BARRO et al., 2011).

Hoje *B. tabaci* é composta por um complexo de espécies crípticas no qual há ao menos 44 espécies descritas em todo o mundo. Estas espécies englobam populações que são morfologicamente idênticas, podendo apresentar características biológicas e ecológicas diferentes, além de poderem ser diferenciadas pela análise do DNA mitocondrial do inseto (De BARRO et al., 2011; KANAKALA e GHANIM, 2019).

A espécie MEAM1 ou comumente referida na literatura como biótipo B é a de maior distribuição mundial. Foi detectada inicialmente em poinsétia (*Euphorbia pulcherrima*) na Flórida, EUA (COSTA; BROWN, 1990). MEAM1 foi detectada no Brasil no começo de 1990, provavelmente pelo comércio internacional de plantas ornamentais (LOURENÇÃO; NAGAI, 1994) e está relacionada com o aumento vertiginoso da incidência de begomovírus principalmente em solanáceas a partir do início da década de 1990 (RIBEIRO et al., 2003). Trata-se da espécie de *B. tabaci* predominante no Estado de São Paulo (ROCHA et al., 2011; MARUBAYASHI et al., 2013).

Outra espécie que merece destaque é a Mediterranean, MED (biótipo Q), predominante na Europa e Ásia. Também já foi relatada nos Estados Unidos (DALTON, 2006), Argentina e Uruguai (GRILLE et al., 2011). E identificada em 2014 no Brasil no estado do Rio Grande do Sul (BARBOSA et al. 2015). Esta espécie tem uma alta capacidade de se tornar resistente a inseticidas, como observado na Espanha (NAUEN; DENHOLM, 2005). Também presentou menor suscetibilidade às doses dos inseticidas imidacloprid, tiametoxam, pyriproxifen, entre outros, quando comparado à espécie MEAM1 (SUN et al. 2013). Além de, ser muito adaptada a cultura do pimentão, tendo deslocado a espécie MEAM1 em áreas de cultivo desta espécie (SUN et al. 2013).

***B. tabaci*: biologia e relação inseto/ hospedeiro**

Seu ciclo de vida pode variar de acordo com as condições ambientais, hospedeiro e espécie. Os ovos se desenvolvem em adultos alados através de 12 quatro estágios de ninfa, podendo ser interrompido por um período de diapausa. Após eclosão dos ovos, ninfas de primeiro estádio emergem, sendo a única fase imatura móvel. Depois que eles se instalam na planta hospedeira passa por um processo de muda e tornam-se séssil, sendo este o segundo estádio, no qual apresentam as pernas disfuncionais. Após passar por duas fases de pupa, adultos emergem (BYRNE; BELLOWS, 1991).

Uma fêmea de *B. tabaci* pode ovipositar de 10 a 400 ovos, que levam em média de 5 a 7 dias para eclodirem (OLIVEIRA; SILVA, 1997; VILLAS BÔAS et al., 1997). A fecundidade pode ser influenciada pela temperatura e pela planta hospedeira, podendo ser interrompida na falta de alimento (VILLAS BÔAS et al., 1997). Em plantas de tomateiro, a fêmea prefere ovipositar sobre folhas mais jovens, as quais são ricas em açúcares e com alto teor de nitrogênio (VAN LENTEREN; NOLDUS, 1990).

Mosca-branca é fortemente atraída para a superfície abaxial das folhas devido à sua resposta geotrópica negativa (SIMMONS, 1994). A atração de mosca-branca adultas para as folhas apicais é possivelmente uma combinação do geotropismo negativo e seleção nutricional para local de alimentação e reprodução (GAMEEL, 1974).

Insetos pertencentes ao complexo *B. tabaci* se alimentam da seiva do floema das plantas, tanto na fase de ninfa como na fase adulta (LAZAROWITZ et al., 1992; VILLAS BÔAS et al., 1997). A partir desta alimentação os insetos podem liberar um líquido rico em açúcar conhecido como ‘honeydew’. Este é constituído principalmente do resíduo ingerido da seiva do floema após a digestão. ‘Honeydew’ depositado na superfície das folhas é uma importante fonte de alimento rico em energia para outros animais, incluindo algumas moscas, formigas, parasitóides e microrganismos. Dentre estes microrganismos, destaca-se o surgimento de fungos conhecidos como fumaginas. O crescimento destes fungos pode reduzir a fotossíntese das plantas e, consequentemente a produtividade das culturas, além de contaminar frutas, verduras e flores, tornando-os não comercializáveis (DOUGLAS, 2009).

*Bemisia tabaci* é considerada vetora de mais de 200 fitoviroses (JONES 2003; NAVAS-CASTILLO et al. 2011). Muitas destes vírus são emergentes no mundo e

incluem vírus pertencentes aos gêneros Begomovirus, Carlavirus, Crinivirus, Ipomovirus e Torradovirus (NAVAS-CASTILLO et al. 2011; POLSTON et al., 2014).

**Manejo de *B. tabaci***

O manejo de *B. tabaci* se tornou um desafio aos agricultores, pois os danos ocasionados pelo inseto têm aumentado significativamente em diferentes regiões. O uso continuo dos inseticidas para o controle do inseto, tem causado alguns transtornos, devido à elevada capacidade da mosca-branca em desenvolver resistência a muitas classes de inseticidas. (HOROWITZ; ISHAAYA, 1995; SILVA et al., 2009).

Na busca por estratégias alternativas e menos agressivas para o manejo de mosca-branca nas culturas, o uso de genótipos resistentes pode contribuir para a redução no uso de agroquímicos, reduzindo o tamanho e a atividade da população dos insetos, bem como inibindo os efeitos de seus mecanismos de alimentação e transmissão de vírus (LARA, 1991; HEINZ; ZALOM, 1995).

Além do uso de variedades resistente, tem-se aplicado o controle biológico, principalmente em casas de vegetação. Também é adotado práticas culturais como rotação de culturas, destruição de restos culturais, manejo de ervas daninhas, períodos livres de plantio e culturas armadilhas. e o manejo integrado, com o estabelecimento de métodos de amostragem e níveis de ação (LOURENÇÃO, 1994).

Entretanto, o método mais utilizado para o controle de *B. tabaci* é a aplicação de inseticidas químicos. O controle químico pode apresentar uma rápida resposta dentro de um programa de manejo integrado da mosca-branca, seguindo-se alguns cuidados, como a seleção do inseticida em função da eficiência do produto, alternância de produtos pertencentes a diferentes grupos químicos, seletividade sobre os inimigos naturais e insetos polinizadores, poder residual, e grau de toxicidade sobre o homem e os animais (LACERDA; CARVALHO, 2008).

O controle químico deve ser baseado em inseticidas registrados no MAPA para a cultura e iniciado com um produto do grupo dos neonicotinóides, que age sobre os adultos dos insetos, inibindo a alimentação, a capacidade de voo e movimento, reduzindo assim a oviposição. Havendo necessidade, as aplicações seguintes devem ser realizadas com um intervalo de uma semana, utilizando-se produtos de grupos químicos diferentes, objetivando evitar a rápida seleção de indivíduos resistentes aos produtos empregados (VILLAS BÔAS; BRANCO, 2009).

**Resistência de plantas a insetos**

Entre as estratégias de manejo, o controle químico ainda representa a principal ferramenta utilizada pelos produtores para o controle da mosca-branca (VIEIRA et al., 2013). Porém, sabe-se que aplicações sucessivas de agroquímicos podem causar desequilíbrios no meio ambiente, eliminar insetos benéficos, além de permitir à rápida seleção de indivíduos resistentes aos inseticidas, fazendo com que essa prática se torne menos eficiente (BYRNE et al., 2003; PRABHAKER et al., 2005; SILVA et al., 2009).

Diante da importância e da expansão de *B. tabaci* para as áreas de cultivo, torna-se cada vez mais importante a busca por alternativas de controle que estejam em consonância com as práticas do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Com isso, a busca por genótipos resistentes tem-se destacado, uma vez que além de ser um método com reconhecida eficiência, também apresenta compatibilidade com outras estratégias de manejo (LARA, 1991; SMITH, 2005; VENDRAMIM; GUZZO, 2009).

Segundo a definição de Painter (1951), planta resistente é aquela planta que, devido à soma relativa de suas características hereditárias, é menos danificada que outra em igualdade de condições. Essa resistência pode ser dividida em três tipos: antixenose ou não preferência, antibiose e tolerância.

A antixenose é caracterizada pela presença de fatores químicos ou morfológicos na planta, que afetam negativamente o comportamento do inseto durante o processo de colonização. Na antibiose, a planta embora normalmente utilizada para alimentação afeta negativamente a biologia do inseto, interferindo no seu ciclo de desenvolvimento, reprodução e sobrevivência. Já a tolerância é a habilidade da planta em resistir ou recuperar-se de uma injúria causada pelo inseto, sem afetar sua biologia e o seu comportamento (PAINTER, 1951; SMITH, 2005).

As causas físicas são representadas basicamente pela cor do substrato vegetal que, em alguns casos, afeta não apenas a seleção hospedeira para a alimentação e a oviposição, mas também a biologia do inseto. As causas químicas incluem as substâncias que atuam no comportamento ou metabolismo do inseto e por impropriedades nutricionais na planta. A alteração no comportamento ocorre principalmente durante o processo de seleção hospedeira para alimentação e oviposição, resultando na resistência por antixenose. O efeito no metabolismo é resultante da ingestão pelo inseto de compostos ou substâncias (metabólitos tóxicos, inibidores enzimáticos e reprodutivos) que podem afetar a biologia, o desenvolvimento

e a reprodução do inseto, resultando na resistência por antibiose (LARA, 1991; VENDRAMIM; NISHIKAWA, 2001).

As causas morfológicas são representadas por diversas características da planta que podem afetar a locomoção, o acasalamento, a seleção hospedeira para a alimentação e oviposição, e a ingestão e digestão do alimento pelos insetos. Essas características podem ser agrupadas basicamente em fatores estruturais relacionados à dimensão e à disposição das estruturas vegetais e aos fatores da epiderme, entre os quais se incluem espessura, dureza, textura, cerosidade e pilosidade (tricomas) (LARA, 1991; VENDRAMIM; NISHIKAWA, 2001).

## CAPÍTULO 1 - FIRST REPORT OF groundnut ringspot virus IN SCARLET EGGPLANT IN BRAZIL

Giovana Carolina Dourado Cruciol[1], Mônika Fecury Moura[1], Marcos Roberto Ribeiro-Junior[1], Viviane Yoshimi Egawa[1], Eduardo Pereira de Souza[1], Marcelo Agenor Pavan[1], Renate Krause-Sakate[1]

[1]Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, Departamento de Proteção Vegetal, Laboratório de Virologia, Unesp, Botucatu CEP: 18610-034, Brazil. Corresponding author: Renate Krause-Sakate, email: renate.krause@unesp.br
Article Type: Disease note

Submitted: 08 August 2018

Accepted: 08 September 2018

Published online: 02 October 2018

Journal of Plant Pathology

© Società Italiana di Patologia Vegetale (S.I.Pa.V.) 2018

https://doi.org/10.1007/s42161-018-0171-2

Scarlet eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) belongs to the family Solanaceae. In 2017–2018, symptomatic scarlet eggplants with necrotic and concentric ringspot on leaves and fruits were collected in the field of Itápolis (Sao Paulo, Brazil). Total RNA was extracted (Toth et al. 1998) and used in RT-PCR with tospovirus primers BR60 (5' AGAGCAATCGTGTCA 3') and BR65 (5' ATCAAGCCTTCTGAAAGTCAT 3') to amplify a fragment of 453 bp of the nucleocapsid gene (Eiras et al. 2001). Of the 20 scarlet eggplants tested, 11 were positive. The amplicons were sequenced and showed 99% nucleotide sequence identity with groundnut ringspot virus (GRSV, GenBank accession number AY380780.1), a predominant orthotospovirus in Solanaceae crops in São Paulo State. The complete sequence of the nucleocapsid

gene (~800 bp) of GRSV isolates from scarlet eggplant was obtained by RTPCR using primer BR60 and specific primer GRSVJ1 (5' GTAGTGGTCCATAGCAATGC 3') and sequencing. A 99% nucleotide sequence identity with GRSV (KY400110.1) from São Paulo State was confirmed. Symptomatic leaves of GRSV-infected scarlet eggplant were macerated in 0.05 M potassium phosphate buffer, pH 8.0, for sap transmission to five plants each of Solanaceae hosts which were grown in a greenhouse for 30 days to observe symptoms. Necrotic local lesions and leaf deformation were observed in *Solanum melongena* cv. 'Napolitana' (5/5), *S. melongena* cv. 'Napoli' (5/5), *S. melongena* cv. 'Roma' (5/5). *S. aethiopicum* cv. 'Morro Grande' (5/5), *S. aethiopicum* cv. 'Comprido Verde Claro' (5/5) and *Datura stramonium* (3/5). *S. lycopersicum* hybrid Mariana (5/5) exhibited concentric necrotic rings on leaves, while *Nicotiana tabacum* TNN (4/5) and *N. tabacum* cv. 'Virginia' (5/5) showed local lesions followed by systemic infection. Leaf deformation and mosaic were observed in *Capsicum annuum* hybrid Magali R (3/5) and *S. americanum* (3/5). As far as we known, this is the first report on the occurrence of GRSV infecting scarlet eggplants in Brazil.

**Acknowledgements**
GCDC is a recipient of a CAPES PhD. fellowship. MFM is a FAPESP post-doctoral fellow. RKS and MAP hold a CNPq research fellowship.

**References**

Eiras M, Resende RO, Missiaggia AA, de Avila AC (2001) RT-PCR and dot blot hybridization methods for a universal detection of tospoviruses. Fitopatol Bras 26:170–175

Toth IK, Hyman LJ, Bertheau Y, Fréchon D (1998) DNA amplification by polymerase chain reaction (PCR). Scottish Crop Research Institute Occasional Publication 10:39–59.

# CAPÍTULO 2 - DESEMPENHO DE ESPÉCIES CRÍPTICAS DE *Bemisia tabaci* EM CULTIVARES DE PIMENTÃO

Giovana Carolina Dourado Cruciol[a], Marcos Roberto Ribeiro-Junior[a], Eduardo da Silva Gorayeb[a], Mônika Fecury Moura[a], Luís Fernando Maranho Watanabe[a], Eduardo Pereira de Souza[a], Isabela Morcilo de Souza[a], Maria Marcia Pereira Sartori[b], Stefany Cristina de Melo Silva[c], Tatiane Maria Rodrigues[c], Renate Krause-Sakate[a], Marcelo Agenor Pavan[a]

[a]Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, Departamento de Proteção Vegetal, Laboratório de Virologia, Unesp, Botucatu CEP: 18610-034, Brasil.

[b]Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, Departamento de Produção e Melhoramento de Plantas, Unesp, Botucatu CEP: 18610-034, Brasil.

[c]Instituto de Biociências de Botucatu, Departamento de Botânica, Laboratório de Pesquisa em Anatomia Vegetal. Unesp. Botucatu CEP 18618-970, Brasil.

**Resumo**

A espécie *Bemisia tabaci* é considerada uma das pragas mais importantes e amplamente distribuída, podendo causar perdas de até 100 %, além de formarem um complexo de 44 espécies descritas em todo o mundo. As espécies mais invasivas pertencentes a este complexo são Middle East-Asia Minor 1 (biótipo B), que é predominante nos cultivos do Brasil desde sua invasão nos anos 90 e a espécie Mediterranean (biótipo Q), relatada em 2014 pela primeira vez no país. A invasão de MED no Brasil traz novos cuidados quanto aos problemas relacionados a este inseto como praga e transmissor de vírus. Sabe-se que MED é muito adaptada a cultura do pimentão, tendo deslocado a espécie MEAM1 em áreas de cultivo na China, além de, apresentar menos suscetibilidade às doses de inseticidas. Com base na importância da espécie MEAM1 e MED no Brasil, o objetivo deste estudo foi testar genótipos quanto à tolerância a espécie MED, e cultivares comerciais de pimentão quanto as espécies MEAM1 e MED. Os acessos IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1544 apresentaram tolerância a espécie Mediterranean, por exibirem baixa eclosão, pouca emergência de adultos, e menor sobrevivência de insetos. Além disso, IAC 1549 e IAC 1551 foram

pouco atrativos para MED. A espécie Mediterranean possui maior preferência e atratividade diante de MEAM1 em pimentão. A cultivar ‘Dahra R’ se destacou por apresentar baixa preferência por oviposição, pouca emergência de adultos e menor sobrevivência de MEAM1 e MED, além de, baixa eclosão de ninfas de MED. Dessa forma, conclui-se que existem materiais tolerantes a mosca-branca, ressaltando que o emprego de cultivares tolerantes podem ser uma alternativa aos produtores no manejo de mosca-branca, além disto, há genótipos com potencial de serem integrados em programas de melhoramento, buscando o desenvolvimento de novas cultivares tolerantes a mosca-branca.

Palavra-chave: mosca-branca, *Capsicum*, preferência, atratividade

## 1. Introdução

A mosca-branca (*Bemisia tabaci*) é uma praga cosmopolita e compreende um complexo de espécies crípticas que causam sérios danos às culturas agrícolas em todo o mundo (BOYKIN & DE BARRO, 2014). Essa praga é considerada atualmente como um complexo de 44 espécies crípticas descritas em todo o mundo. Dentre essas, as consideradas são: Middle East-Asia Minor 1, MEAM1 (também referida por biótipo B) relatada no Brasil na década de 1990 (LOURENÇÃO e NAGAI, 1994) e Mediterranean, MED, (conhecida como biótipo Q), identificada em 2014 no Brasil (BARBOSA et al. 2015).

A ocorrência da espécie MED traz novas preocupações quanto ao potencial deste inseto como praga e transmissor de vírus. Sabe-se que MED é melhor adaptada a cultura do pimentão, tendo deslocado a espécie MEAM1 em áreas de cultivo, e além disso, têm menor suscetibilidade às doses dos inseticidas imidacloprid, tiametoxam, pyriproxifen, entre outros, quando comparado à outras espécies (SUN et al. 2013).

*Bemisia tabaci* é uma excelente vetora de vírus em diversas culturas. Os principais vírus transmitidos para solanáceas são os *Begomovirus,* tendo como espécie predominante no Sudeste brasileiro o tomato severe rugose virus (ToSRV); e os *Crinivirus*, com a espécie tomato chlorosis virus (ToCV) (INOUE-NAGATA et al., 2016).

No Brasil os problemas relacionados a vírus transmitidos por mosca-branca são mais graves na cultura do tomate, com predominância da espécie MEAM1, atualmente adaptada e predominante nessa cultura (MARUBAYASHI et al. 2013).

Tratando-se de espécies do gênero *Capsicum*, existem estudos de performance apenas para espécie MEAM1 em genótipos de melhoramento, em que foi possível verificar fontes de resistência tanto ao inseto vetor quanto a espécie de begomovirus - ToSRV (PANTOJA et al., 2018). Com a introdução de MED no Brasil, casos de infestação por mosca-branca em pimentão foram observados e tem se tornado frequentes, causando abandono de áreas de cultivo (BELLO et al., 2019 dados ainda não publicados).

Por esses motivos, este trabalho foi realizado como objetivo de testar genótipos quanto à tolerância a espécie MED, e cultivares comerciais de pimentão quanto a tolerância às espécies MEAM1 e MED, buscando fontes de resistência ou cultivares para integrar programas de manejo na cultura do pimentão.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Identificação e criação de espécies de mosca-branca

A população de *B. tabaci* MEAM1 foi coletada de repolho (*Brassica oleracea* L.) em Campinas, SP, e mantida em algodão. A população de MED foi coletada de *Begonia* spp. em Mogi das Cruzes, em São Paulo, e levada ao Laboratório de Virologia da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, para iniciar uma criação em plantas de algodão. Para identificação de mosca-branca, a extração total de DNA foi realizada seguindo o protocolo Chelex (WALSH et al., 1991). Subseqüentemente, o DNA foi usado como um modelo para análise de PCR, usando o primers Bem23-F e Bem23-R, amplificando um lócus de microssatélites de 200 e 400 pb para MEAM1 e MED (KONJEVI C, 2018; SKALJAC et al., 2010), respectivamente, e os primers C1-J-2195 e TL2-N-3014 do gene mtCOI (SIMON et al., 1994). As amostras foram purificadas (Extração de Gel QIAquick Kit Qiagen), sequenciada (Macrogen, Coréia do Sul) e confirmada como MEAM1 (acesso GenBank: MF624473) e MED (acesso GenBank: KX673609). As populações foram mantidas em gaiolas de criação a prova de insetos em casa-de-vegetação, e a pureza foi monitorada a cada seis meses por análises moleculares.

Foram testados os genótipos (IAC 1357, IAC 1544, IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1579) e os pimentões comerciais (Cascadura, Magali R, Rubia R, Dahra R, Barão, Beti R, Amarelo, Rubi Gigante, Yolo Wonder e All Big).

### 2.2. Teste com livre escolha para MEAM1 e MED

No teste de livre escolha, os acessos de *Capsicum* foram semeadas em vasos de 0,5 L preenchidos com solo esterilizado e fertilizado. Quarenta dias após a emergência, as plantas (um de cada genótipo/cultivar) foram colocadas em gaiolas confeccionadas com telas anti-afídeos com (100 x 60 x 50 cm) e distribuído aleatoriamente. As plantas foram espaçadas a cerca de 10 cm umas das outras para evitar o contato entre as folhas. Casais adultos de moscas-brancas, correspondendo a adultos paralelos de *B. tabaci* (BALDIN e BENEDUZZI, 2010), foram liberados em cada gaiola (proporção de 100 casais / planta). Cada gaiola representou uma repetição, no total foram oito. A atratividade foi avaliada às 24, 48, 72 e 96 horas após a infestação, utilizando um espelho para contar número de moscas brancas adultas na superfície abaxial de cada folha. A temperatura foi mantida em 28 ± 2º C.

### 2.3. Teste sem chance de escolha para MEAM1 e MED

O ensaio foi conduzido utilizando duas plantas em gaiolas confeccionadas com telas anti-afídeos com (45 x 45 x 55 cm). Inicialmente, 10 casais de moscas brancas foram transferidos para "*clip cag*" (1 x 1 x 1 cm), que foram então anexados a uma folha, resultando em um total de 10 folhas (10 repetições) (CHEN et al., 2013; JIAO et al., 2012; OMONDI et al., 2005; WATANABE et al., 2018; XU et al., 2010; ZANG et al., 2006). Após 48 horas, o "*clip cag*" e adultos de mosca-branca foram removidos, e apenas os ovos postos permaneceram. Os ovos foram contados usando microscópio estereoscópico binocular (Zeiss®) e mantidos para posterior avaliação. Os parâmetros seguintes foram eclosão [(ovos eclodidos / ovos postos) x 100], número de adultos emergidos e taxa de sobrevivência [número de adultos emergidos / número de ovos colocados) x 100]. Todos os dias, adultos recém-emergidos eram coletados com um aspirador manual de inseto e imediatamente contados. A temperatura foi mantida em 28 ± 2º.

### 2.4. Densidade de tricomas em microscópio eletrônico de varredura

A análise foi realizada com o genótipo mais resistente e o mais suscetível provenientes de melhoramento e a cultivar mais resistente comercial, com cinco repetições (foliolo). De cada planta foi removido apenas um folíolo que representou um replicar. Amostras da região mediana do limbo foliar foram fixadas em glutaraldeído 2,5%, em tampão fosfato 0,1M pH 7,3. Posteriormente, foram pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1%, desidratadas em solução alcoólica, secadas em ponto crítico e metalizadas com ouro (ROBARDS, 1978) no Centro de Microscopia Eletrônica (CME) do IBB, UNESP. A análise das amostras foi realizada em microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta 200, 12.5 kV. A densidade dos tricomas foi obtida com o auxílio do software Scandium, o qual foi quantificado o número de tricomas presentes na face abaxial, considerando uma área de 10 mm2.

### 2.5. Análise estatística

Para analisar os dados foi realizada a estatística não paramétrica, as análises foram realizadas com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), empregando o pacote de software estatístico Minitab 16 (MINITAB, 2010). Determinamos diferenças entre as espécies crípticas de *B. tabaci* MEAM1 e MED em cada genótipo e cultivar, bem como as diferenças entre os genótipos (IAC 1357, IAC 1544, IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1579) para cada espécie críptica de *B. tabaci*. E entre as cultivares (Cascadura, Magali R, Rubia R, Dahra R, Barão, Beti R, Amarelo, Rubi Gigante, Yolo Wonder e All Big) para cada espécie críptica de *B. tabaci*.

## 3. Resultados

### 3.1. Desempenho e atratividade de MED em genótipos de *Capsicum*

De acordo com genótipos testados, observou-se o menor oviposição de MED para IAC 1549 (F:16.36, P:0.0026), enquanto que para os demais genótipos, houve uma quantidade significativamente maior de ovos. Além disso, a porcentagem de eclosão (F: 25.29, P:0.0001), o número de adultos emergidos (F: 35.19, P:0.0001) e a taxa de sobrevivência (F: 35.78, P:0.0001) foram significativamente menores para IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1544 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Avaliação do desempenho de genótipos de pimentão para *Bemisia tabaci* (MED).

| | Genótipos | Nº de ovos | Eclosão (%) | Nº de adultos | Sobrevivência (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| MED | IAC 1549 | 49,0 b | 62,1 b | 0,0 b | 0,0 b |
| | IAC 1579 | 73,0 a | 94,3 a | 20,5 a | 36,9 a |
| | IAC 1551 | 87,0 a | 43,4 b | 0,5 b | 49,0 b |
| | IAC 1544 | 101,0 a | 77,7 b | 3,0 b | 2,1 b |
| | IAC 1357 | 114,0 a | 96,2 a | 112,0 a | 93,2 a |

Medianas seguidas por letras diferentes dentro da coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$).

No teste com chance de escolha de atratividade de MED para genótipos de *Capsicum*, o IAC 1551 foi o menos atrativo pelo inseto em todos os tempos analisados, resultado este semelhante a IAC 1549 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Atratividade de adultos de *Bemisia tabaci* (MED) em genótipos de *Capsicum* em 24, 48, 72 e 96 horas após liberação em teste com chance de escolha.

| | Genótipos | 24 horas | 48 horas | 72 horas | 96 horas |
|---|---|---|---|---|---|
| MED | IAC 1551 | 17,0 d | 15,5 c | 17,5 b | 17,5 d |
| | IAC 1549 | 32,5 cd | 36,0 a b | 37,5 b | 45,5 cd |
| | IAC 1544 | 48,0 bc | 63,5 b a | 40,5 b | 57,0 b c |
| | IAC 1357 | 72,0 ab | 67,0 a | 113,0 a | 56,5 ab |
| | IAC 1579 | 93,5 a | 113,5 a | 106,5 a | 90,0 a |

Medianas seguidas por letras diferentes dentro da coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$).

## 3.2. Desempenho e atratividade de MEAM1 e MED em cultivares comerciais de pimentão.

### 3.2.1. Número de ovos

Em teste de oviposição sem chance de escolha, quando comparado as espécies MEAM1 e MED não houve diferenças em relação a oviposição de ‘Cascadura’ (F: 1.4E-03, P: 0.9698) e ‘Dahra R’ (F: 0.82, P:0.3533). Para as demais cultivares MED ovipositou mais que MEAM1 (Tabela 3).

### 3.2.2. Eclosão

Para a porcentagem de eclosão, quando comparado as espécies MEAM1 e MED, apenas a cultivar ‘Cascadura’ apresentou diferença na porcentagem de ninfas eclodidas, sendo maior para MEAM1 (F: 5.32, P: 0.0206). Os demais genótipos não apresentaram diferença estatística (Tabela 3).

### 3.2.3. Número de adultos emergidos

Comparando-se MED e MEAM1, em relação ao número de adultos, não houveram diferenças significativas para ‘Cascadura’ (F:1.65, P: 0.1943), ‘Dahra R’ (F: 0.89, P: 0.3266) e Barão (F: 0.14, P: 0.7047). Para as demais cultivares, MED gerou mais indivíduos quando comparada a MEAM1 (Tabela 3).

### 3.2.4. Sobrevivência

A porcentagem de sobrevivência de insetos foi semelhante entre as espécies de *B. tabaci* para a maioria das cultivares. No entanto, para ‘Cascadura’ (F: 79,06; P: 7,41), ‘Rubia R’ (F: 4.64, P: 0.0311), ‘Barão’ (F: 5.85, P: 0.0152), ‘Amarelo’ (F: 12.09, P: 0.0005) e ‘All Big’ (F: 5.14, P: 0.0232) a sobrevivência de MEAM1 foi superior a MED (Tabela 3).

**Tabela 3**. Avaliação do desempenho de cultivares de pimentão para *Bemisia tabaci* MEAM 1 e MED

| | | Cultivares comerciais de pimentão | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Parametros** | **Espécies** | **Cascadura** | **Magali R** | **Rubia R** | **Dahra R** | **Barão** | **Beti R** | **Amarelo** | **Rubi Gigante** | **Yollo Wonder** | **All Big** |
| **Nº de ovos** | MEAM1 | 26,0 a | 23,5 b | 17,0 b | 11,0 a | 18,5 b | 19,5 b | 20,5 b | 35,0 b | 13,5 b | 8,5 b |
| | MED | 27,5 a | 90,5 a | 76,5 a | 18,5 a | 53,0 a | 112,0 a | 85,5 a | 79,0 a | 90,0 a | 53,5 a |
| **Eclosão (%)** | MEAM1 | 91,6 a | 86,9 a | 75,0 a | 65,0 a | 77,8 a | 75,5 a | 81,6 a | 58,5 a | 89,7 a | 89,9 a |
| | MED | 71,3 b | 84,1 a | 87,1 a | 56,0 a | 58,3 a | 80,6 a | 80,6 a | 55,9 a | 85,9 a | 80,4 a |
| **Nº de adultos** | MEAM1 | 20,0 a | 18,0 b | 9,0 b | 1,5 a | 7,5 a | 11,0 b | 12,0 b | 16,0 b | 8,5 b | 7,5 b |
| | MED | 14,5 a | 71,0 a | 26,5 a | 2,0 a | 10,5 a | 62,5 a | 29,5 a | 37,0 a | 39,5 a | 25,0 a |
| **Sobrevivência (%)** | MEAM1 | 79,0 a | 78,4 a | 59,1 a | 10,0 a | 45,0 a | 54,8 a | 61,2 a | 54,0 a | 65,0 a | 80,0 a |
| | MED | 62,8 b | 80,3 a | 37,3 b | 15,0 a | 16,5 b | 67,8 a | 33,7 b | 40,6 a | 52,9 a | 47,0 b |

Medianas seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença estatística ($p < 0,05$) entre MEAM1 e MED em cada cultivar de pimentão diferente para cada parâmetro avaliado.

### 3.3. Atratividade de *Bemisia tabaci* (MEAM1 e MED)

Os dados referentes à atratividade no teste com chance de escolha de MEAM1 e MED sobre as cultivares de pimentão, revelaram haver diferenças significativas, na qual, 'Cascadura' se comportou como menos atrativo para MED as 24 (F: 6.35, P: 0.0092) e 72 (F: 6.62, P: 0.0082). No entanto, 'Magali R' foi menos preferido para MEAM1 as 48 (F: 6.35, P: 0.0092), 72 (F: 6.35, P: 0.0099) e 96 horas (F: 4.86, P: 0.0281) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Atratividade de adultos de *Bemisia tabaci* (MEAM1 e MED) em cultivares de *Capsicum* spp. em 24, 48, 72 e 96 horas após liberação em teste com chance de escolha

| Cultivares de pimentão | Espécie | 24 horas | 48 horas | 72 horas | 96 horas |
|---|---|---|---|---|---|
| Cascadura | MEAM1 | 111,5 a | 98,5 a | 105,5 a | 117,0 a |
| | MED | 88,0 b | 78,5 a | 79,5 b | 112,5 a |
| Magali R | MEAM1 | 76,5 a | 70,5 b | 71,5 b | 69,5 b |
| | MED | 119,5 a | 120,0 a | 120,0 a | 110,5 a |
| Rubia R | MEAM1 | 75,0 a | 69,0 a | 75,0 a | 63,0 a |
| | MED | 77,0a | 66,0 a | 69,0 a | 64,0 a |
| Dahra R | MEAM1 | 84,0 a | 75,0 a | 79,5 a | 78,5 a |
| | MED | 61,5 b | 78,0 a | 71,5 b | 74,0 a |
| Barão | MEAM1 | 82,5 a | 84,5 a | 75,5 a | 61,0 a |
| | MED | 63,0 b | 71,5 a | 78,5 a | 71,0 a |
| Beti R | MEAM1 | 70,5 b | 79,5 b | 82,0 a | 69,5 b |
| | MED | 98,0 a | 114,5 a | 81,0 a | 91,5 a |
| Amarelo | MEAM1 | 68,5 a | 79,0 a | 69,0 a | 70,5 b |
| | MED | 60,0 b | 71,0 a | 68,0 a | 81,5 a |
| Rubi Gigante | MEAM1 | 68,0 b | 70,5 a | 70,5 a | 65,0 a |
| | MED | 78,5 a | 84,5 a | 67,5 a | 67,5a |
| Yolo Wonder | MEAM1 | 70,0 a | 72,5 b | 72,0 a | 77,5 a |
| | MED | 72,5 a | 87,5 a | 81,0 a | 79,0 a |
| All Big | MEAM1 | 70,0 a | 70,5 a | 69,5 b | 70,5 a |
| | MED | 72,5 a | 72,5 a | 87,5 a | 83,5 a |

Medianas seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

A atratividade de 'Rubia R' perante as duas espécies crípticas estudadas não diferiu estatisticamente. Resultado diferente da cultivar 'Dahra R', que atraiu menos MED as 24 (F: 11.29, P: 0.0002) e 72 (F: 5.10, P: 0.0222). 'Barão' apresentou menores valores de MED as 24 horas (F: 10.60, P: 0.0003). 'Beti R' atraiu menos MEAM1 as

24 (F: 10.94, P: 0.0003), 48 (F: 11,29, P: 0.0002) e 96 horas (F: 6.89, P: 0.0064) (Tabela 4).

As 24 horas, ‘Amarelo’ apresentou menor número de MED (F: 6.35, P: 0.0096) e as 96 horas menor número de MEAM1 (F: 7.46, P: 0.0045). ‘Rubi ’ foi menos atrativa à MEAM1 às 24 horas (F: 4.64, P: 0.0295). ‘Yolo Wonder’ foi menos preferido por MEAM1 as 48 horas (F: 4.86, P: 0.0261). E as 72 horas MEAM1 foi menos atraída por ‘All Big’ (Tabela 4).

### 3.4. Densidade de tricomas

Foram observados tricomas glandulares distribuídos principalmente ao longo das nervuras. Os tricomas apresentaram pedúnculo ereto ou curvado (Figura 1 A-B-C). Ovos de mosca-branca não foram observados próximos aos tricomas glandulares (Figura 2 A-B).

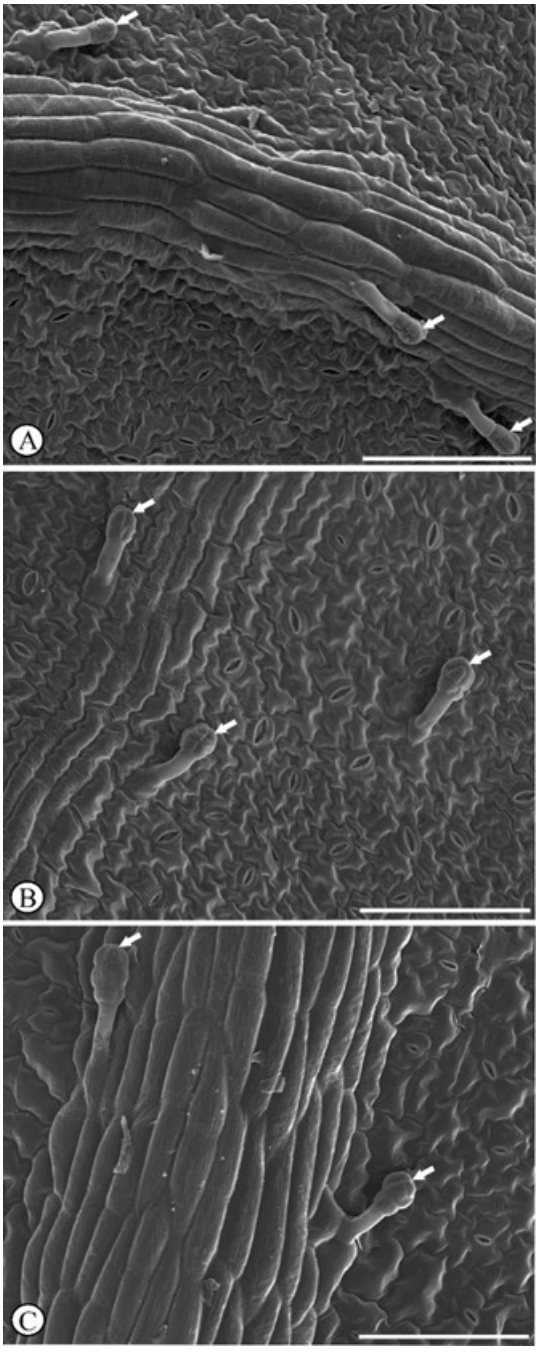



**Figura 1.** Micrografia eletrônica de varredura da face abaxial do limbo foliar: A. Genótipo IAC 1557. B. IAC 1551. C. ‘Dahra R’. As setas indicam os tricomas glandulares. Barras: A-B-C=150 µm.

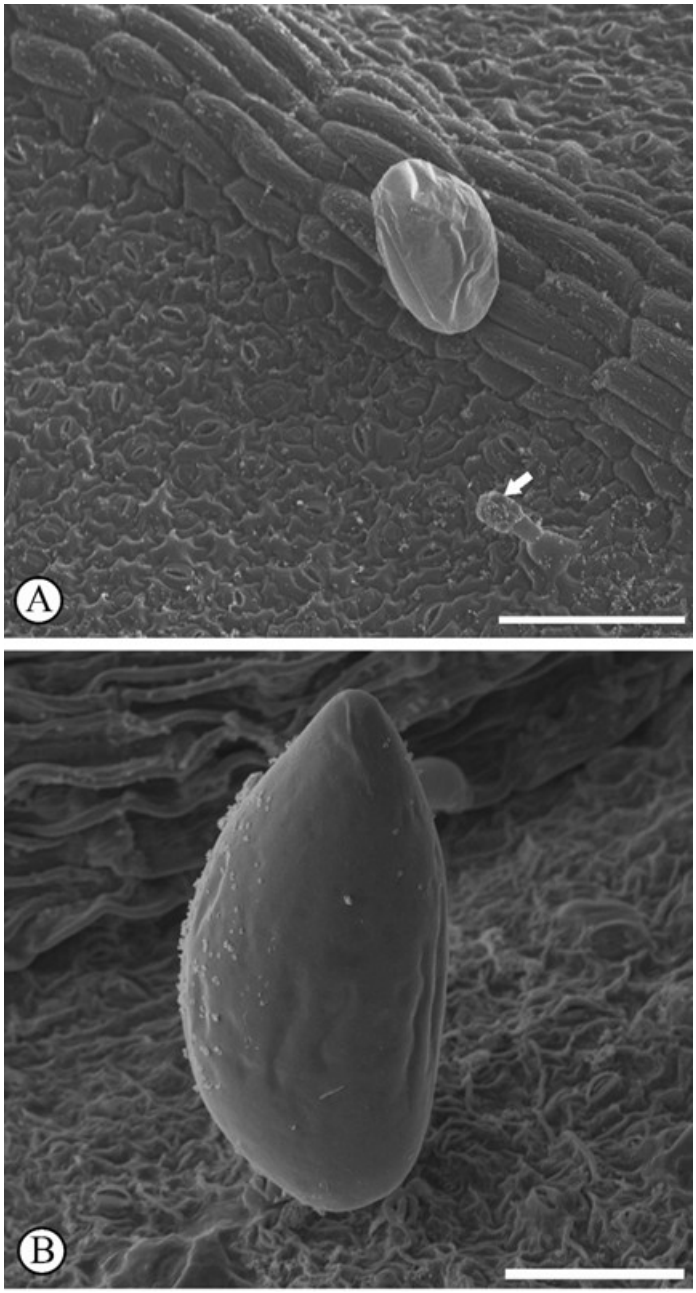



**Figura 2.** Micrografia eletrônica de varredura da face abaxial do limbo foliar de *Capsicum baccatum* após a oviposição por *Bemisia tabaci*. A. A seta indica os tricomas glandulares. B. Detalhe do ovo de mosca branca. Barras: A=125 µm; B=75 µm.

A densidade de tricomas no limbo foliar das espécies estudadas não apresentou diferença estatística (F: 1.63, P: 0.4866) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Densidade de tricomas presente na superfície abaxial de folhas de *Capsicum*

| Cultivares | Densidade de tricomas |
|---|---|
| IAC 1357 | 51,0 a |
| IAC 1551 | 39,0 a |
| Dahra R | 51,0 a |

Medianas seguidas de letras diferentes dentro da coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

## 4. Discussão

De acordo com o teste de preferência e atratividade para os genótipos de *Capsicum*, foi possível verificar que IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1544 apresentaram tolerância a espécie Mediterranean, por exibirem baixa eclosão, pouca emergência de adultos, e menor sobrevivência de insetos. Além disso, IAC 1549 e IAC 1551 são pouco atrativos para MED. Em um estudo semelhante realizado por Pantoja et al. (2018), também foi analisado a preferência e atratividade destes genótipos com relação a espécies MEAM1 e verificou-se que os mesmo materiais geraram alta mortalidade de insetos, destacando IAC 1544 com menor sobrevivência e menos atrativo a espécie MEAM1, sugerindo o envolvimento de mecanismos de resistência do tipo antixenose. Desta forma, os genótipos IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1544, demonstraram resultados promissores, podendo ser indicados em programas de melhoramento genético de *Capsicum*, para manejo de mosca-branca.

Analisando a preferência das espécies crípticas sobre as cultivares comerciais de pimentão, foi possível verificar que MED possui maior preferência por oviposição, maior emergência de adultos e maior sobrevivência do inseto, quando comparada a MEAM1 para a maioria das cultivares estudadas. Esses dados explicam o encontrado por Watanabe et al. (2019), os quais mostraram uma grande habilidade competitiva de MED sobre MEAM1, na qual, MED deslocou MEAM1 em pimentão, dizimando essa espécie aos 120 dias. O mesmo foi relatado por Sun et al. (2013), quando MEAM1 foi completamente substituída por MED em pimentão *Capsicum annuum* L. na China. Esse comportamento foi verificado em plantios comerciais de pimentão no estado de São Paulo, em que, coletas realizadas revelaram altas infestações da espécie MED em pimentão (BELLO et al., 2019, dados não publicados).

Analisando as dez cultivares comerciais de pimentão, ‘Dahra R’ se destacou por apresentar baixa preferência por oviposição, pouca emergência de adultos e menor sobrevivência de MEAM1 e MED, além de baixa eclosão de ninfas de MED, sugerindo apresentar resistência do tipo antixenose e antibiose, as quais são consideradas como mecanismos da planta que afetam negativamente a biologia do inseto, interferindo em seu ciclo de desenvolvimento, reprodução, sobrevivência e outros parâmetros biológicos (PAINTER 1951, SMITH 2005).

Ballina-Gomez et al. (2013) avaliando a resposta de MEAM1 em genótipos de *C. annuum* L., verificaram que a eclosão de ovos e a sobrevivência de ninfas foram significativamente menores em ‘Pico Paloma’, ‘Bolita’ e ‘Blanco’, comparado aos demais genótipos, tendo esses materiais resistência do tipo antibiose. Em outro estudo, analisando a sobrevivência de *B. tabaci* MEAM1 em genótipos de *C. annuum* L., considerou-se que os genótipos ‘Amaxito’, ‘Tabaquero’ e ‘Simojovel’ mostraram resistência ao inseto, apresentando mais de 50% de mortalidade ninfal, o que pode estar possivelmente relacionado a mecanismos de defesa da planta, uma vez que a atividade enzimática de polifenoloxidase e peroxidase foi elevada quando as plantas foram expostas a mosca-branca (LATOURNERIE-MORENO et al., 2015).

A escolha da mosca-branca por um hospedeiro mais favorável para oviposição não ocorre somente para sua alimentação, mas também pela capacidade da sobrevivência dos descendentes (NOMIKOU et al., 2003). Analisando a atratividade de MEAM1 e MED perante as cultivares comerciais, ‘Amarelo’, ‘Rubia R’ e ‘Barão’ foram considerados repelentes à MEAM1. Da mesma forma, ‘Amarelo’ e ‘Rubia R’ também foram menos atrativos à MED.

A repelência da planta ao inseto pode ocorrer devido à liberação de substâncias químicas, que afetam negativamente a preferência do inseto, repelindo-o. E também por fatores físicos como pilosidade, presença de tricomas, cerosidade, espessura, dureza e textura da epiderme (LARA, 1991; VENDRAMIM; GUZZO, 2009).

Sendo de extrema importância, a repelência pode impedir que o inseto chegue até a planta, evitar que o mesmo se alimente do vegetal e oviposite (MARTINEZ, 2002). No caso do pimentão, a repelência à *B. tabaci* evitaria a transmissão de tomato chlorosis virus e tomato severe rugose virus, os quais são os principais vírus transmitidos por mosca-branca em solanáceas (NOZAKI et al., 2010; INOUE-NAGATA et al., 2016).

A baixa preferência para oviposição de *B. tabaci*, pode indicar mecanismos de resistência relacionados a fatores de natureza morfológica e ou químicas (CHERMENSKAYA et al. 2009). Por essa razão comparou-se dois genótipos e uma cultivar (IAC 1357, suscetível; IAC 1551 e 'Dahra R', resistentes), quanto a densidade de tricomas glandulares presente na parte abaxial do limbo foliar. A análise mostrou, porém, que o fator não alterou a preferência do inseto para a alimentação e oviposição.

Firdaus et al., (2012) verificaram que a antibiose é o principal fator para a resistência à mosca-branca em acessos de tomateiro, tento destaque para os tricomas glandulares do tipo IV, que conferiram resistência ao inseto em plantas de tomateiro. O mesmo foi relatado por Oriane e Vendramim (2010) que observaram não preferência por oviposição de MEAM1 em genótipos de tomateiro com essa mesma estrutura na epiderme.

Além da densidade de tricomas serem importantes na preferência por oviposição de *B. tabaci*, também pode alterar o comportamento alimentar do inseto e reduzir a propagação de vírus. Como foi visto por Rodriguez-López et al. (2011), na qual a presença de tricomas glandulares tipo IV e secreções de acilsacarose, reduziram a disseminação de tomato yellow curl virus (TYLCV – *Begomovirus*) em tomateiro.

Este trabalho mostrou que existe no pimentão materiais tolerantes a mosca-branca, ressaltando que o emprego de cultivares tolerantes podem ser uma alternativa aos produtores no manejo de mosca-branca. No caso de cultivares comerciais, 'Dahra R' se destacou por apresentar baixa preferência por oviposição, pouca emergência de adultos e menor sobrevivência de MEAM1 e MED, além de, baixa eclosão de ninfas de MED.

Além disso, os estudos envolvendo genótipos mostraram um potencial dos acessos IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1544 para integrarem programas de melhoramento, buscando o desenvolvimento de novas cultivares tolerantes a mosca-branca.

**Agradecimentos**

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001. GCDC é bolsista CAPES. MAP e RKS são bolsistas de pesquisa do CNPq.

**5. Referências**

Baldin E.L.L, Beneduzzi R.A. 2010. Characterization of antibiosis and antixenosis to the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* B biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) in several squash varieties. Journal of Pest Science 83:223–229. https://doi.org/10.1007/s10340-010-0289-2

Ballina-Gomez, H.; Ruiz-Sanchez, R.; Chan-Cupul, W.; Latournerie-Moreno, L.; Hernández-Alvarado, L.; Islas-Flores, I.; Zuñiga-Aguilar, J.J. 2013. Response of *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B to Genotypes of Pepper Capsicum annuum (Solanales: Solanaceae). Neotrop Entomol. https://doi.org/10.1007/s13744-012-0106-0

Barbosa, L. da F., Yuki, V.A., Marubayashi, J.M., De Marchi, B.R., Perini, F.L., Pavan, M. A., de Barros, D.R., Ghanim, M., Moriones, E., Navas-Castillo, J., 2015. First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. Pest Management Science. 71, 501–504. https://doi.org/10.1002/ps.3909

Boykin L.M., De Barro P.J. 2014. A practical guide to identifying members of the *Bemisia tabaci* species complex and other morphologically identical species. Frontiers in Ecology and Evolution 2:45. https://doi.org/10.3389/fevo.2014.00045

Chen, G., Pan, H., Xie, W., Wang, S., Wu, Q., Fang, Y., Shi, X., Zhang, Y., 2013. Virus infection of a weed increases vector attraction to and vector fitness on the weed. Sci. Rep. 3, 3–8. https://doi.org/10.1038/srep02253.

Chermenskaya, T. D.; Petrova, M. O.; Savelieva, E. I. 2009. Laboratory and field evaluation of biological active substances of plant origin against greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westw (Homoptera: Aleyrodidae). Archives Of Phytopathology Plant Protection, Abingdon, v. 42, n. 9, p. 864-873. https://doi.org/10.1080/03235400701494422

Firdaus, S.; Van Heusden, A.W.; Hidayati, N.; Supena, E.D.J.; Visser, R.G.F.; Vosman, B. 2012. Resistance to *Bemisia tabaci* in tomato wild relatives. Euphytica. 187. p. 31–45. https://doi.org/ 10.1007/s10681-012-0704-2

Inoue-Nagata, Carvalho, C.M., Zerbini, F.M., Rezende, J.A.M., Krause-Sakate, R., Nagata, T., 2016. Vírus transmitidos por moscas-brancas no brasil: vetores, principais doenças e manejo. Revisão Anual. Patol. plantas 24, 7–29.

Jiao, X., Xie, W., Wang, S., 2012. Host Preference and Nymph Performance of B and Q Putative Species of *Bemisia tabaci* on Three Host Plants, pp. 423–430. https://doi.org/10.1007/s10340-012-0441-2.

Lara, F. M. Princípios de resistência de plantas a insetos. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.

Latournerie-Moreno, L.; Ic-Caamal, A.; Ruiz-Sánchez, E.; Ballina-Gómez, H. Islas-Flores, I.; Chan-Cupul, W.; González-Mendoza, D. 2015. Survival of *Bemisia tabaci* and activity of plant defense-related enzymes in genotypes of *Capsicum annuum* L. Chilean journal of agricultural research 75.1. p.71-77. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000100010

Lourenção, A.L., Nagai, H., 1994. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. Bragantia 53, 53–59. http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051994000100006.

Konjevic, A., 2018. First Interception of *Bemisia tabaci* Mediterranean ( Q Biotype ) in Serbia 1, pp. 1–5. https://doi.org/10.1111/jen.12508.

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., 2013. At least two indigenous species of the *Bemisia tabaci* complex are present in Brazil. J. Appl. Entomol. 137, 113–121. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2012.01714.x

Martinez, S. S. O nim Azadirachta indica: natureza, usos múltiplos, produção. Londrina: IAPAR, 2002. 142 p.

Nomikou, M., et al. 2003. Phytoseiid predators of whiteflies feed and reproduce on non-prey food sources. Experimental e Applied Acarology, Dordrecht, v. 31, p. 15-26. https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000005142.31959.e8

Nozaki, D.N.; Krause-Sakate, R.; Pavan, M.A. 2010. Begomovírus infectando a cultura de pimentão no Estado de São Paulo. Summa Phytopathologica, São Paulo, v.36, n.3, p.244-247. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052010000300011.

Omondi, A.B., Kyerematen, R.A., Danquah, E.Y., 2005. Host Preference and Suitability of Some Selected Crops for Two Biotypes of *Bemisia Tabaci* in Ghana 393–400. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2005.00296.x

Oriani, M.A.G.; Vendramim, J.D. 2010. Influence of Trichomes on Attractiveness and Ovipositional Preference of *Bemisia tabaci* (Genn.) B Biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) on Tomato Genotypes. Neotropical Entomology 39(6):1002-1007. http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600024

Painter, R. H. Insect resistance in crop plants, New York: MacMillian, 1951. 520 p.

Pantoja, K. F.C.; Rocha, K.C.G.; Meloz, A.M.T.; Marubayashi, J.; Baldin, E. L.L.; Bentivenha, J.P.F.; Gioria, R.; Kobori, R.F.; Pavan, M. A.; Krause-Sakte, R. 2018. Identification of *Capsicum* accessions tolerant to *Tomato severe rugose virus* and resistant to *Bemisia tabaci* Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1). Tropical Plant Pathology 43, 138–145. https://doi.org/10.1007/s40858-018-0212-6

Robards, A. W. 1978. An introduction to techniques for scanning electron microscopy of plant cells. pp. 343–403. In: J. L. Hall (eds.), Electron microscopy and cytochemistry of plant cells. Elsevier, New York.

Rodríguez-López, M. J. et al. Whitefly resistance traits derived from the wild tomato *Solanum pimpinelli* folium affect the preference and feeding behavior of *Bemisia tabaci* and reduce the spread of Tomato yellow leaf curl virus. Phytopathology, St. Paul, v. 101, p. 1191-1201, 2011. DOI: 10.1094/PHYTO-01-11-0028

Simon, C., Frati, F., Beckenbach, A., Crespi, B., Liu, H., Flook, P., 1994. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. Ann. Entomol. Soc. Am. 87, 651–701. https://doi.org/10.1093/aesa/87.6.651

Skaljac, M., Zanic, K., Ban, S.G., Kontsedalov, S., Ghanim, M., 2010. Co-infection and localization of secondary symbionts in two whitefly species. BMC Microbiol. 10, 142. https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-142

Smith, C.M. Plant resistence to arthropods molecular and conventionae approaches. Springer, The Netherlands, 2005.423p.

Sun, D.-B., Liu, Y.-Q., Qin, L., Xu, J., Li, F.-F., Liu, S.-S., 2013. Competitive displacement between two invasive whiteflies: insecticide application and host plant effects. Bull. Entomol. Res. 103, 344–353. https://doi.org/10.1017/S0007485312000788.

Watanabe, L.F.M., Bello, V.H., De Marchi, B.R., Sartori, M.M.P., Pavan, M.A., Krause-Sakate, R., 2018. Performance of *Bemisia tabaci* MEAM1 and *Trialeurodes vaporariorum* on *Tomato chlorosis virus* (ToCV) infected plants. J. Appl. Entomol. 1, 1–8. https://doi.org/10.1111/jen.12559.

Watanabe, L.F.M., Bello, V.H., De Marchi, B.R.; SILVA, F.B.; FUSCO, L.M. ; Sartori, M.M.P., Pavan, M.A., Krause- Sakate, R. 2019. Performance and competitive displacement of *Bemisia tabaci* MEAM1 and MED cryptic species on different host plants. Crop protection, v. 124, p. 104860, 2019. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104860

Vendramim, J. D.; Guzzo, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: Panizzi, A. R.; Parra, J. R. P. (Ed.). Bioecologia e nutrição dos insetos: bases para o manejo integrado de pragas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 1055-1105

Xu, J., Lin, K.K., Liu, S.S., 2010. Performance on Different Host Plants of an Alien and an Indigenous *Bemisia tabaci* from China 2003, pp. 771–779. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01581.x.

Zang, L., Chen, W., Liu, S., 2006. Comparison of Performance on Different Host Plants between the B Biotype and a Non-B Biotype of *Bemisia tabaci* from Zhejiang, pp. 221–227. China. https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00482.x.

Walsh, P. S., D. A. Metzger, and R. Higuchi. 1991. Chelex-100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. Biotechniques 4: 506–513. DOI: 10.2144/000114018

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Capítulo 1 - Trata-se do primeiro relato de groundnut rigspot virus infectando jiló no Brasil. O isolado causou infecção sistêmica em berinjela cvs. Napolitana, Napoli e Roma, em jiló cvs. Morro Grande e Comprido Verde Claro, em tomateiro cv. Mariana, em pimentão cv. Magali R, *Datura stramonium*, *Nicotiana tabacum* "TNN", *N. tabacum* Virgínia, e *S*. *americanum*.

Capítulo 2 - A cultivar comercial 'Dahra R' destacou-se por apresentar baixa preferência por oviposição, pouca emergência de adultos e menor sobrevivência de *Bemisia tabaci* MEAM1 e MED, além de, baixa eclodibilidade de ninfas de MED. Verificou-se potencial dos acessos IAC 1549, IAC 1551 e IAC 1544 para integrarem programas de melhoramento, buscando o desenvolvimento de novas cultivares tolerantes à mosca-branca.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, L. DA F., YUKI, V.A., MARUBAYASHI, J.M., DE MARCHI, B.R., PERINI, F.L., PAVAN, M. A., DE BARROS, D.R., GHANIM, M., MORIONES, E., NAVAS-CASTILLO, J. First report of Bemisia tabaci Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest Manag. Sci**. 71, 501–504. 2015.

BARBOSA, J. C. et al. Occurrence of Tomato chlorosis virus in tomato crops in five Brazilian states. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 4, p. 256-258, 2011.

BRITTLEBANK, C.C. Tomato diseases. **Journal of the Departament of Agriculture in Victoria**, Victoria, v.17, p. 1348-1352, 1919.

BROWN, J. K.; FROHLICH, D. R.; ROSELL R. C. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? ***Annu Rev Entomol*** 40: 511-534 1995.

BRUNNER, P. C.; FLEMING, C.; FREY, J. E. A molecular identification key for economically important thrips species (Thysanoptera: Thripidae) using direct sequencing and a PCR-RFLP-based approach. **Agric. For. Entomol**. 4:127–136. 2002.

BYRNE, F. J.; CASTLE, S.; PRABHAKER, N. TOSCANO, N.C. Biochemical study of resistance to imidacloprid in B biotype *Bemisia tabaci* from Guatemala. **Pest Management Science**, v. 59, p. 347-352, 2003.

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

CAMELO-GARCIA, V.M. et al. Occurrence of *Groundnut ringspot virus* on Brazilian peanut crops. **Journal of General Plant Pathology**. v. 80, n. 3, p. 282-286. 2014

CHO, J. J. *et al*. A multidisciplinary approach to management of *Tomato spotted wilt virus* in Hawaii. **Plant Disease**, Saint Paul, v.73, p.375-383, 1989.

CIUFFO, M. et al. Identification of *Dictyothrips betae* as the vector of *Polygonum ringspot virus*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 157, n. 2, p. 299-307, 2010.

COSTA, H. S.; BROWN, J. K. Variability in biological characteristics, isozyme patterns and virus transmission among populations of *Bemisia tabaci* Genn. in Arizona. ***Phytopathology*** 80: 880 1990.

D'ARCY, W.G. The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. In: Solanaceae III: taxonomy, chemistry, evolution. Eds. Hawkes, J.G., Lester, R.N., Nee, M. and Estrada, N. 75-137. London: Kew Royal Botanical Gardens.1991.

DALTON, R. Whitefly infestations: The Christmas invasion. **Nature** (London, U. K.) 443: 898-900. 2006.

De BARRO, P. J.; LIU, S. S.; BOYKIN, L. M.; DINSDALE, A. B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Ann Rev Entomol**. 56: 1–19. 2011.

De HAAN, P. et al. Molecular cloning and terminal sequence determination of the S and M RNAs of tomato spotted wilt virus. **Journal of General Virology,** London, v. 70, n. 12, p. 3469-3473, 1989.

De HAAN, P. et al. The S RNA segment of tomato spotted wilt virus has an ambisense character**. Journal of General Virology**, London, v. 71, n. 5, p. 1001-1007, 1991.

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. **Ann Entomol Soc Am**. 103: 196–208. 2010.

DOUGLAS, A: E: Honeydew. Encyclopedia of Insects, 2nd edn (ed by V.H. Resh and R.T. Cardé) p. 461–463, 2009.

DUSI, A. N. Manejo integrado de viroses em hortaliças. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (Ed.). **Manejo Integrado de doenças e pragas**: hortaliças. Viçosa: UFV, 2007. Cap. 5, p. 163- 187. 2007.

FAUQUET, C. M. et al. Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses. Eightth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. San Diego: **Elsevier Academic Press**, London, 1259 p. 2005.

FROHLICH, D. R.; TORRES-JEREZ, I.; BEDFORD, I. D.; MARKHAM, P. G.; BROWN, J. K. Aphylogeographical analysis of the Bemisia tabaci species complex based on mitochondrial DNA markers. **Molecular Ecology** 8:1683– 1691. 1999.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920 p. 2002.

GAMARRA, H. A. et al. Bemisia afer sensu lato, a vector of Sweet potato chlorotic stunt virus. **Plant disease**, v. 94, n. 5, p. 510-514, 2010.

GAMEEL, O. I. Some aspects of the mating and oviposition behavior of the cotton whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.). **Revista de Zoologia Africana**, v. 88, n. 4, p. 784-788, 1974.

GENNADIUS, P. Disease of the tobacco plantations in the Trikonia. The aleurodid of tobacco. **Ellenike Ga**. v.5, p.1-3, 1889.

GRILLE, G.; GAUTHIER, N.; BUENAHORA, J.; BASSO, C.; BONATO, O. First report of the Q biotype of *Bemisia tabaci* in Argentina and Uruguay. **Phytoparasitica** 39: 235-238 2011.

GUEGUEN, G.; VAVRE, F.; GNANKINE, O.; PETERSCHMITT, M.; CHARIF, D.; CHIEL, E. Endosymbiont metacommunities, mtDNA diversity and the evolution of the *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) species complex. **Mol Ecol**. 19: 4365–4376. 2010.

GULLAN, P. J.; MARTIN, J. H. Sternorrhyncha (jumping plant-lice, whiteflies, aphids and scale insects). 2. ed. [s.l.] Academic Press. **Elsevier Science**, 2009.

HEINZ, K. M.; ZALOM, F. G. Variation in trichome-based resistance to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition on tomato. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 88, n. 5, p. 1494-1502, 1995.

HOROWITZ, A. R.; ISHAAYA, I. Chemical control of *Bemisia*-management and application. In: GERLING, D.; MAYER, R. T. (Ed.). ***Bemisia* 1995**: taxonomy, biology, damage control and management. Andover: Intercept Ltd., 1995. p. 537-556.

INOUE-NAGATA, A. K. Doenças viróticas. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Universitária de Lavras, 2013. p. 327-344.

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

KANAKALA S, GHANIM M. Global genetic diversity and geographical distribution of *Bemisia tabaci* and its bacterial endosymbionts. **PLoS ONE** n.14. v.3.p.1-21. 2019.

KING, A. M. Q.; ADAMS, M. J.; CARSTENS, E. B.; LEFKOWITZ, E. J. Virus taxonomy: classification and nomenclature of viruses. In: Ninth report of the International Committee on taxonomy of viruses. San Diego. **Elsevier Academic Press**. 2012.

KIKKERT, M. et al. *Tomato spotted wilt virus* particles morphogenesis in plant cells. **Journal of Virology**, Washington, v. 73, n. 3, p. 2288-2297, 1999.

KORMELINK, R. et al. The nucleotide sequence of the M RNA segment of tomato spotted wilt virus, a bunyavirus with two ambisense RNA segments. **J Gen Virol**, v. 73, p. 2795-2804, 1992.

KIMATI, H. et al. Manual de fitopatologia. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, 623 p.

LAPIDOT, M., et al. Management of whitefly-transmitted viruses in open-field production systems. In: Advances in Virus Research. Elsevier, p. 147–206. 2014.

LACERDA, J. T.; CARVALHO, R. A. Descrição e manejo integrado da mosca-branca (*Bemisia* spp.) transmissora de geminivirus em culturas econômicas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 2, n. 2, p. 15-22, 2008.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos.** São Paulo: Ícone, 1991, v.2, 336p.

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

LEÃO, E. U. 2015. Caracterização do *Groundnut ringspot virus* (GRSV) e seu vetor (*Frankliniella schultzei*) em melancia. 58 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu.

LIMA, M. F.; MICHEREFF FILHO, M. **Vira-cabeça do Tomateiro: Sintomas, Epidemiologia, Transmissão e Medidas de Manejo**. Embrapa: COMUNICADO TÉCNICO 110. Brasília-DF 2015.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n.1, p. 53-59, 1994.

MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; ROCHA, K. C. G.; MITUTI, T.; PELEGRINOTTI, F. M.; FERREIRA, F. Z.; PAVAN, M. A. At least two indigenous species of the *Bemisia*

*tabaci* complex are present in Brazil. **Journal of Applied Entomology**, *137*, 113–121. 2013.

MICHEREFF-FILHO, M.; GUIMARÃES, J. A.; MOURA, A. P.; LIZ, R. S. Pragas do tomateiro. In: CLEMENTE, F. M.V.T.; BOITEUX, L. S. (Org.). **Produção de tomate para processamento industrial.** Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 265-300.

MORAES, L.A. et al. Distribution and phylogenetics of whiteflies and their endosymbiont relationships after the Mediterranean species invasion in Brazil. **Scientific Reports**. v. 8, p.1–13. 2018.

MORAES, L.A., et al. New invasion of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in Brazil associated to ornamental plants. **Phytoparasitica**. v. 45, n. 4. 2017.

NAGATA, T. et al. The competence of four thrips species to transmit and replicate four tospoviruses. **Plant Pathology**, Chichester, v. 53, n. 2, p. 136-140, 2004.

NAGATA, T.; PETERS, D. An anatomical perspective of tospovirus transmission. In:HARRIS, K.; SMITH. O.P.; DUFFUS, J.E.; **Virus-insect-plant interactions**. San Diego: Academic Press. p. 143-166. 2001.

NAGATA, T. et al. Tissue tropinm related to vector competence of Frankliniella occidentalis for *Tomato spotted wilt virus*. **Journal of General Virology**, London, v. 80, n. 2, p. 507-515, 1999.

NAUEN, R; DENHOLM, I. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. Arch. Insect Biochem. **Physiol,** v. 58, p. 200-15, 2005.

NAVAS-CASTILLO, J.; FIALLO-OLIVE, E.; SANCHEZ-CAMPOS, S. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. **Ann Rev Phytopathol**. 2011; 49: 219–248.

OLIVEIRA, A.S. et al. Characterization of Bean necrotic mosaic virus: a member of a novel evolutionary lineage within the Genus *Tospovirus*. **PLoS One**, San Francisco, v.7, n.6, 2012.

OLIVEIRA, M. R. V.; SILVA, O. L. R. E. **Mosca-branca, *Bemisia argentifolli* (Homoptera: Aleyrodidae) e sua ocorrência no Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 16 p. (Alerta Fitossanitário, 1).

OLIVEIRA, V. C. et al. A silencing suppressor protein (NSs) of a tospovirus enhances baculovirus replication in permissive and semipermissive insect cell lines. **Virus Research**, v. 155, n. 1, p. 259-267, 2011.

PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants.** New York: McMillan, 1951. 520 p.

PAPPU, H. R. et al. Global status of tospovirus epidemics in diverse cropping systems: successes achieved and challenges ahead. **Virus Res**, v. 141, n. 2, p. 219-236, 2009.

PAVAN, M. A., COSTA, A. S., KUROZAWA, C., FORTI, L. C., GUIMARÃES, A. M. Colonização do tomateiro e de ervas daninhas pelo tripes vetor do vírus do viracabeça do tomateiro. **Hort. Bras**., v.11, n.2, p.122-125, 1993.

POLSTON, J.E.; DE BARRO, P.; BOYKIN, L. M. Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. **Pest Management Science,** p.3738, 2014

POZZER, L. et al. *Tospovirus*: uma visão atualizada. **Revisão Anual em Patologia de Plantas**, v. 4, p. 95-148, 1996.

PRABHAKER, N.; CASTLE, S.; HENNEBERRY, T. J.; TOSCANO, N. C. Assessment of cross-resistance potential to neonicotinoid insecticides in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 95, p. 535-543, 2005.

RABELLO, A. R. et al. Diversity analysis of *Bemisia tabaci* biotypes: RAPD, PCR-RFLP and sequencing of the ITS1 rDNA region. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirao Preto, v. 31, p. 585-590, 2008.

ROCHA, K. C. G. et al. Only the B biotype of *Bemisia tabaci* is present on vegetables in São Paulo State, Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, p. 120-123, jan. 2011.

SAMUEL, G. et al. Investigation on “spotted wilt” of tomatoes. Commonwealth of Australia,Council for Scientific and Industrial Research Bulletin, v. 44, 64 p, 1930.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A.; ALVARENGA, M. A. R. Pragas. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Universitária de Lavras, 2013. p. 355-412.

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

SIMMONS, A. M. Oviposition on vegetables by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): temporal and leaf surface factors. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 23, n. 2, p. 381-389, 1994.

SMITH, C.M. **Plant resistance to arthropods**. Dordrecht, the Netherlands: Springer Science & Business, 2005. 423p

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

SPADOTTI, D.M.A. et al. First report of *Groundnut ringspot virus* in cucumber fruits in Brazil. **New Diseases Report**, v. 29, p. 25-25, 2014.

STORMS, M. R. Circumcision and endocarditis prophylaxis. Arch Pediatr Adolesc Med, v. 152, n. 10, p. 1038-1039, 1998.

SUN, D.B.; LIU, Y.Q.; QIN, L.; XU, J.; LI, F.F.; LIU, S.-S. Competitive displacement between two invasive whiteflies: insecticide application and host plant effects. Bull. **Entomol. Res**. 103, 344–353. 2013.

TAKEDA, A. et al. Identification of a novel RNA silencing suppressor, NSs protein of *Tomato spotted wilt virus*. **FEBS Lett**, v. 532, n. 1-2, p. 75-79, 2002.

UEDA, S.; BROWN, J.K. First report of the Q biotype of Bemisia tabaci in Japan by mitocondrial cytochrome oxidase I sequence analysis. **Entomology**, v. 34, p. 405-411, 2006.

VAN DE WETERING, F. et al. TSWV ingestion by first instar larvae *Frankiniella occidentalis* is a prerequisite for transmission. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 86, p. 900- 905, 1996.

VAN LENTEREN, J. C.; NOLDUS, P. J. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. In: GERLING, D. (Ed.). **Whiteflies:** their bionomics, pest status and management. Andover: Intercept, 1990. p. 47-89

VAN POELWIJK, F. et al. Detection of the L protein of tomato spotted wilt virus. **Virology**, Waltham, v. 197, n. 1, p. 468-470, 1993.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos:** bases para o manejo integrado de pragas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 1055-1105.

VENDRAMIM, J. D.; NISHIKAWA, M. A. N. Melhoramento para resistência a insetos. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARESINGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento-plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 737-781.

VIEIRA, S.S.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; BOFF, M.I.C.; GOBBI, A.L. Different timing of whitefly control and soybean yield. **Ciência Rural**, v.43, n.2, p. 247-253, 2013.

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

VILLAS BÔAS, G. L.; FRANÇA, F. H.; ÁVILA, A. C.; BEZERRA, I. C. **Manejo integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii*.** Brasília, DF: EMBRAPA-CNPH, 1997. 11 p. (Circular Técnica, 9).

WATANABE, L.F.M. et al. Performance and competitive displacement of Bemisia tabaci MEAM1 and MED cryptic species on different host plants. **Crop protection**, v. 124, 104860, 2019.

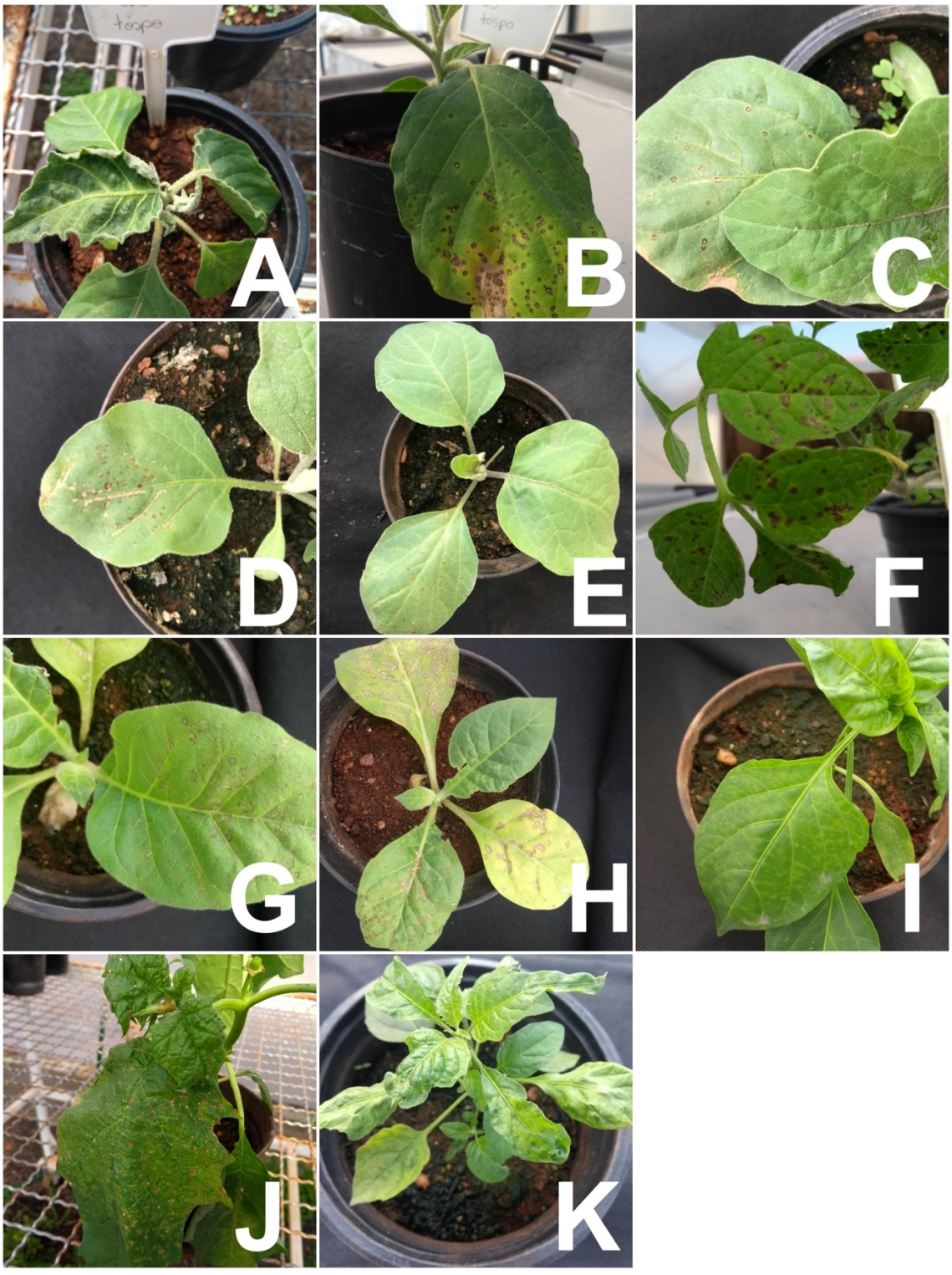
WHITFIELD, A. E. et al. Tospovirus-thrips interactions. **Annual Review of Phytopathology,** Palo Alto, v. 43, p. 459-489, 2005.

WIJKAMP, I.; GOLDBACH, R.; PETERS, D. Propagation of tomato spotted wilt virus in *Frankliniella occidentalis* does neither result in pathological effects nor in transovarial passage of the virus. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 81, n. 3, p. 285-292, 1996.

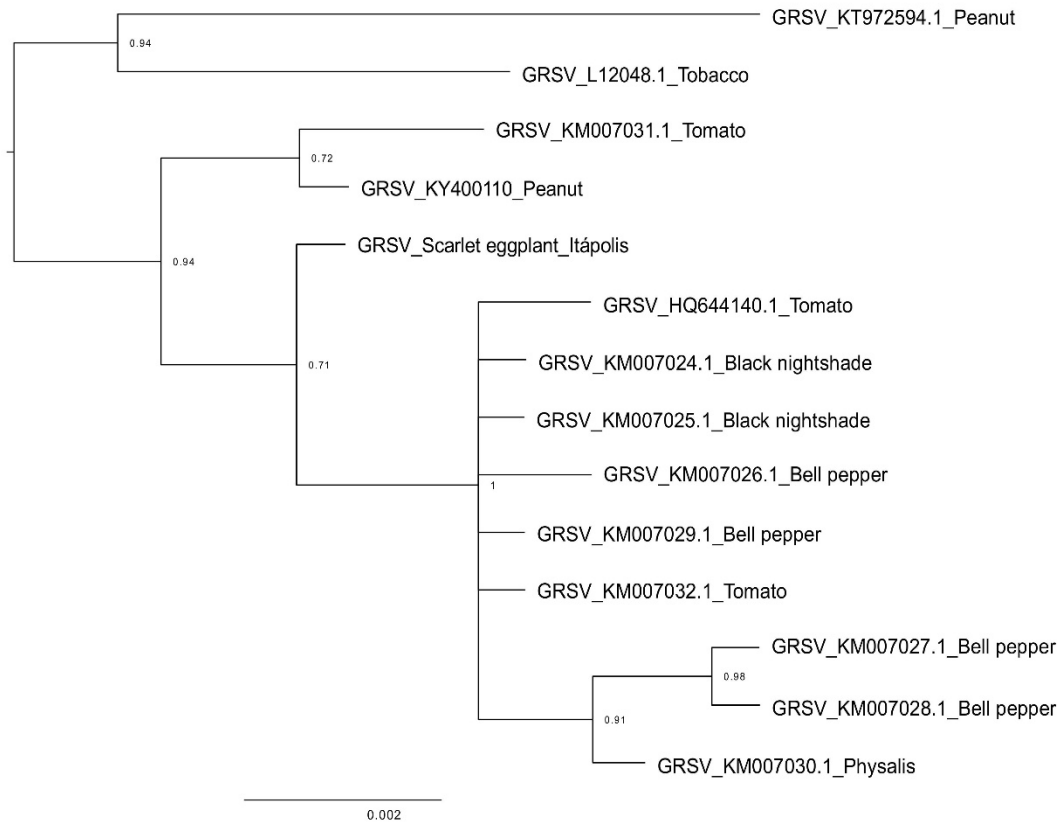
ZERBINI, F.M.; RIBEIRO, S.G.; ANDRADE, E.C.; LOPES, E.D.; FERNANDES, J.J.; FONTES, E.P.B. Identificação e taxonômia de novas espécies de vírus transmitidos por mosca-branca no Brasil. **O Biológico,** São Paulo, v. 64, n. 2, p. 151-152, 2002.

ZHOU, J. et al. Molecular characterization of a new tospovirus infecting soybean. **Virus Genes**, v. 43, n. 2, p. 289-295, 2011.

**APÊNDICE A** – Sintomas de groundnut ringspot virus observados em: *Solanum aethiopicum* cv. Morro Grande (A), *S. aethiopicum* cv. Comprido Verde Claro (B), *S. melongena* cv. Napolitana (C), *S. melongena* cv. Napoli (D), *S. melongena* cv. Roma (E), *S. lycopersicum* cv. Mariana (F), *Nicotiana tabacum* cv. Virginia (G), *N. tabacum* "TNN" (H), *Capsicum annuum* cv. Magali R (I), *Datura stramonium* (J), *S. americanum* (K).



**APÊNDICE B -** Árvore filogenética construída com base na sequência do gene N do isolado de groundnut ringspot virus de Itápolis e outros isolados de GRSV



**APÊNDICE C –** Características de cultivares e híbridos de pimentões comerciais

| Cultivares | Frutos | Empresa |
|---|---|---|
| Cascadura (cv) | Verde/ vermelho | Horticeres |
| Magali R (híbrido) | Verde | Sakata |
| Rubia R (híbrido) | Verde/vermelho | Sakata |
| Dahra R (híbrido) | Verde/vermelho | Sakata |
| Barão (híbrido) | Amarelo | Feltrin |
| Beti R (híbrido) | Vermelho | Sakata |
| Amarelo (híbrido) | Amarelo | Feltrin |
| Rubi Gigante (cv) | Verde/vermelho | Feltrin |
| Yolo Wonder (cv) | Verde/vermelho | Isla |
| All Big (cv) | Verde | Horticeres |