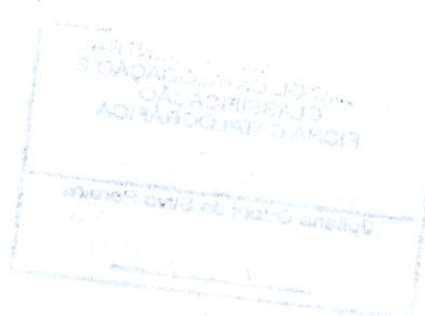


ANTÔNIO WILSON DE OLIVEIRA MALTA

**INCIDÊNCIA E PROGRESSO DE BEGOMOVIROSE DO TOMATEIRO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DA MOSCA-BRANCA EM
FLORESTAL, MG.**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitopatologia, para
obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2010



**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M261i
2010

Malta, Antônio Wilson de Oliveira, 1957-
Incidência e progresso de begomovirose em tomateiro sob
diferentes sistemas de manejo da mosca-branca em
Florestal, MG / Antônio Wilson de Oliveira Malta. – Viçosa,
MG, 2010.
x, 84f. : il (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Francisco Murilo Zerbini Júnior
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 63-75

1. Begomovirus. 2. Tomate - Doenças e pragas.
3. Fitopatologia. 4. Geminivirus. 5. Virus de plantas.
6. *Bemisia tabaci*. 7. Relação hospedeiro-parasito.
8. Clonagem molecular. 9. Agricultura orgânica.
10. Epidemiologia. 11. Mosca-branca. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 571.9928

ANTÔNIO WILSON DE OLIVEIRA MALTA

**INCIDÊNCIA E PROGRESSO DE BEGOMOVIROSE DO TOMATEIRO SOB
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DA MOSCA-BRANCA EM
FLORESTAL, MG.**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Fitopatologia, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.

APROVADA: 27 de dezembro de 2010.



Prof. Eduardo Seiti Gomide Mizubuti
(Co-orientador)



Prof. Luiz Antônio Maffia
(Co-orientador)



Prof. Derly José Henriques da Silva



Pesq. Carlos Alberto Lopes



Francisco Murilo Zerbini Júnior
(Orientador)

'A mente que se abre a uma nova ideia jamais volta ao seu tamanho original'

(Albert Einstein)

Aos meus pais, Capitão Wilson Malta e D. Nilce *in memoriam*

À Jack e Gabriel

À, Sonia e Janaína

Ao Sr. Paulo que me guiou sempre com suas orações

À D. Queridinha pelo exemplo deixado de força e fé,

A todos que sempre acreditaram em mim,

dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me concedido tamanha graça e por ter colocado as pessoas certas, nos lugares certos e tão especiais nessa minha jornada.

Aos meus entes mais queridos e que não se encontram mais em nosso meio.

A toda minha família, os Nogueira e os Malta, que sempre estiveram presentes, nos momentos felizes e difíceis, com carinho e força para que eu alcançasse meus objetivos. Agradeço a compreensão de todos pelos momentos em que estive ausente e pelo orgulho que carregam, junto comigo, dessa conquista que realizamos juntos.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade, meios e recursos.

À UFV-*Campus* de Florestal, na pessoa do seu Diretor, Prof. Antônio Cézar Pereira Calil, por não medir esforços, meios e condições para a condução dos experimentos e conclusão de meus estudos. Agradeço a todos os funcionários da UFV *Campus* de Florestal, principalmente o pessoal da Extensão, do Refeitório, da Garagem, da Manutenção de Campus e das Máquinas Agrícolas pelo profissionalismo, companheirismo, amizade e convívio.

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo apoio financeiro ao projeto realizado.

Ao Prof. Francisco Murilo Zerbini, pelo amigo sempre presente e pela orientação, confiança e disponibilidade para que fosse desenvolvido este trabalho.

Aos meus Co-orientadores Prof. Eduardo S. G. Mizubuti e Prof. Luiz Antônio Maffia pelas valiosas sugestões e ensinamentos para a melhoria deste trabalho.

Ao Guto empresário do Grupo AGRO (AGROMUDAS e AGROSUPPORT) por sua valiosa contribuição.

À SAKATA pela disponibilização das sementes dos híbridos de tomate ‘Carmen’ e ‘Thaty’, na pessoa do Alison, seu gerente regional.

Aos alunos bolsistas da CEDAF que muito me ajudaram na condução dos experimentos e em nenhum momento desistiram das atividades árduas sob o sol escaldante de Florestal, especialmente o Coral, Zebedeu, João Paulo (JP), Inca Malta e Celmar.

Aos professores da Universidade Federal de Viçosa, conhecimentos e experiências transmitidos durante o meu treinamento e estudos.

Aos amigos do LABVIROMOL (Laboratório de Virologia Molecular Vegetal), Adriana, Angélica, Alison, Álvaro, Amanda, Carol, César, Danielle, Daniela, Evando, Fábio, Fernanda, Franklyn, Glória, Joaquim, Jorge, Larissa, Lenin, Marcelo, Mácio, Marcos, Miguel, Poliane, Renan, Renata, Riani, Roberto, Sarah, Sheila, Sílvia e Tathiana pelos ensinamentos, paciência e convívio agradável, em especial aos estagiários Jammsom, Lidiane, Marília e Sávio que muito contribuíram infindáveis nos Dellaportas.

Ao meu cunhado Sérgio (Gatão), minha sobrinha Bê e todos que, na minha ausência, buscaram cobrir esse vazio, com seu afeto, carinho e presença; marcados pela dedicação e companheirismo. Ao Hícaro, meu sobrinho, pela constante disponibilidade e ao sobrinho Júnior pelo valioso esforço em me apoiar.

Cris, Compadre, Bibi, Tatá, Babá pelo carinho.

A todos os meus companheiros de república Dante e Cláudio pela amizade e compreensão.

Ao Jorge, meu amigo importado, que tanto se importou comigo.

À família da Ângela que me acolheu, incentivou e dividiu seu tempo e espaço.

Ao Henrique Duarte pela ajuda sempre presente e pronta em toda a minha vida acadêmica e aos amigos e colegas de turma que me ajudaram muito no transcorrer das disciplinas, sempre me incentivando e dando força.

O Meu Muito Obrigado!

BIOGRAFIA

Mahatma Gandhi já dizia que a Força não vem da capacidade física, mas de uma vontade inabalável. Assim é que se pode chamar Antônio Wilson de Oliveira Malta: um ser humano forte.

Nascido em Barbacena-MG, aos 4 dias de março de 1957, filho de militar - Capitão Wilson Malta e de D. Nilce de Oliveira Malta, desde cedo percebeu que a vida exige um esforço contínuo de quem quer alcançar alguma coisa.

Após seus estudos na cidade natal, iniciados no Colégio Tiradentes da PMMG e no Colégio Agrícola de Barbacena, foi buscar crescer longe de casa: ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa - UFV, onde se formou em 1982.

Desde 1983 trabalha como docente na CEDAF, hoje UFV *campus de Florestal*, e tendo a inquietude como sua aliada, sempre quis mais, por ele, pela família, pelos alunos, pela profissão...

...Desde sempre muito querido e respeitado por seus alunos, que reconhecem o Tó como excelente professor. Em 1999 concluiu seu Mestrado pela Universidade Federal de Lavras, o que o qualifica ainda mais para a docência.

Permeando essa trajetória pessoal, familiar, acadêmica e profissional, vieram as decepções, derrotas e fracassos, mas ouvia e dizia todo o tempo que “quem tem raiz forte não apodrece...”

Em 2010 conclui seu Doutorado pela Universidade Federal de Viçosa, e a partir desta nova conquista, os caminhos profissionais e acadêmicos - e por que não dizer pessoais também? - de Antônio Wilson tornam-se ainda mais largos.

Nada mais justo para alguém que manteve fé na própria capacidade e uma vontade inabalável de ser um bom cidadão, um bom professor e profissional e, acima de tudo, um bom ser humano.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. O tomateiro.....	5
2.2. Produção da tomaticultura brasileira.....	6
2.3. Begomovirus em tomateiro no Brasil.....	8
2.4. Família <i>Geminiviridae</i>	11
2.5. Replicação viral.....	13
2.6. Movimento célula-a-célula e a longa distância de begomovirus	14
2.7. Epidemiologia de begomoviroses	15
2.8. A mosca-branca <i>Bemisia tabaci</i>	16
2.9. Manejo integrado de pragas no sistema orgânico	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Local do experimento.....	25
3.2. Tratamentos.....	25
3.3. Delineamento experimental.....	26
3.4. Monitoramento e MIP da mosca-branca	29
3.5. Dinâmica temporal - Progresso da doença.....	29
3.6. Ocorrência e incidência de begomoviroses	30
4. RESULTADOS	32
4.1. Flutuação populacional da mosca-branca	32
4.2. Avaliação de sintomas, detecção e identificação viral	35
4.3 Identificação das espécies virais	46

4.4. Progresso da epidemia (quinto ensaio).....	47
5. DISCUSSÃO	50
6. CONCLUSÕES	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
APÊNDICE	76

RESUMO

MALTA, Antônio Wilson de Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro, de 2010. **Incidência e progresso de begomovirose do tomateiro sob diferentes sistemas de manejo da mosca-branca em Florestal, MG.** Orientador: Francisco Murilo Zerbini Júnior. Co-orientadores: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti e Luiz Antônio Maffia.

O gênero begomovirus da família *Geminiviridae* inclui espécies virais transmitidas a espécies de plantas dicotiledôneas pela mosca-branca *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Após a introdução do biótipo B de *B. tabaci* no Brasil, no início da década de 1990, surtos de begomovirose em tomateiro passaram a ser relatados em diversos estados brasileiros. Entretanto, a incidência e o progresso da doença variam de ano para ano nas diferentes regiões. Os objetivos deste trabalho foram investigar as espécies de Begomovirus presentes, a dinâmica da doença causada por begomovirus sob diferentes sistemas de manejo do seu vetor, nos anos de 2006 e 2007, no município de Florestal, estado de Minas Gerais. Os tratamentos consistiram da combinação de três sistemas de manejo (testemunha, convencional e orgânico) em dois híbridos de tomateiro (‘Carmen’, suscetível a geminivirus e ‘Thaty’ tolerante). O experimento foi montado mapeando-se as parcelas com plantas-alvo (PA’s) em blocos ao acaso com 6 repetições, em esquema fatorial 3 x 2. Semanalmente procedeu-se o monitoramento da população da mosca-branca para identificar o nível de ação e quinzenalmente coletou-se um disco foliar, em

microtubos para extração de DNA total, a fim de detectar e identificar o(s) begomovirus presentes, por meio de hibridização molecular, além de monitorar a incidência da doença e estabelecer a curva de progresso da infecção. Foram registradas durante essas coletas observações visuais de plantas sintomáticas. Cinco plantios foram realizados de janeiro de 2006 até janeiro de 2008. Só no quinto e último ensaio, de agosto de 2007 a janeiro de 2008, ocorreu o maior infestação do inseto vetor e a maior incidência de begomovirose. Os seguintes begomovirus foram detectados nas amostras de tomateiro do ensaio 5: *Sida micrantha mosaic virus* (SiMMV), *Tomato chlorotic mottle virus* (ToCMoV), *Tomato rugose mosaic virus* (ToRMV) e *Tomato yellow spot virus* (ToYSV). Em duas amostras de plantas invasoras presentes na área experimental identificaram-se *Euphorbia yellow mosaic virus* (EuMV) em *Euphorbia heterophylla*, e ToCMoV em *Sida micrantha*. Portanto, quatro begomovirus ocorreram nos tomateiros. O ToCMoV também ocorreu em *Sida micrantha*, e o EuMV só ocorreu na invasora. Na primeira avaliação aos 35 dap no ensaio 5 foram detectadas 73 plantas infectadas, porém somente 13 tiveram equivalência com as plantas com sintomas. A incidência de doença foi detectada desde os 35 dap, crescente até os 80 dap em todos os seis tratamentos, caindo aos 95 dap, e, assim mantendo-se até os 110 dap. Não houve efeito de sistemas de manejo, de híbridos e não foi possível ajustar modelos às curvas de progresso obtidas. Da mesma forma, o cálculo das áreas abaixo da curva de progresso da doença, para os diferentes tratamentos, não indicou efeitos significativos dos sistemas de manejo ou dos híbridos. Com base nos resultados conclui-se que: (i) Florestal apresenta grande diversidade de espécies de begomovirus; (ii) sintoma de begomovirose em tomateiro não constitui uma referência confiável para aferir a incidência e dinâmica da doença; (iii) estudos de progresso de begomovirus devem ser conduzidos com monitoramento do vetor no hospedeiro-alvo em ensaios com distribuição espacial pré-estabelecida; (iv) a infecção por begomovirus do tomateiro constitui possibilidade de perdas consideráveis na produção de tomates quando ocorre nas fases de floração e frutificação do tomateiro, aos 65 e 80 dap, em qualquer sistema de manejo de controle do vetor.

ABSTRACT

MALTA, Antônio Wilson de Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2010. **Incidence and progress of begomovirus disease in tomatoes under different whitefly management strategies at Florestal, MG.** Advisor: Francisco Murilo Zerbini Júnior. Co-advisors: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti and Luiz Antônio Maffia.

The genus *Begomovirus* in the *Geminiviridae* family includes ssDNA viruses transmitted by the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to dicot hosts. After the introduction of the B biotype of *B. tabaci* in Brazil in the early 1990's, begomovirus epidemics became common in tomato crops throughout the country. However, incidence and progress of the disease is highly variable along successive growing seasons in different regions. The objectives of this work were to determine the viral species present in the field and to investigate the spatial and temporal dynamics of the disease under different whitefly management strategies, during 2006 and 2007, in the city of Florestal, Minas Gerais state. Treatments consisted on the combinations of three management strategies (conventional, organic and no management) and two F1 hybrids ('Carmen', susceptible to begomoviruses, and 'Thaty', carrying the *Ty-1* gene and which is tolerant to the viruses present in the field in Brazil). The experiment was set up in a randomized block design with 6 replications, in a 3x2 factorial scheme. Ten target plants were mapped in each experimental unit. Whitefly populations were monitored on a weekly basis. A leaf disk was collected from each target plant every two weeks for DNA extraction and begomovirus detection and identification.

Visual observations of symptomatic target plants were also registered. Five consecutive plantings were carried out from Jan 2006 until Jan 2008. Only in the fifth and last planting did whitefly populations and begomovirus incidence reach epidemic levels. The following begomoviruses were detected in tomato plants during the fifth planting: *Sida micrantha* x mosaic virus (SiMMV), *Tomato chlorotic mottle virus* (ToCMoV), *Tomato rugose mosaic virus* (ToRMV) and *Tomato yellow spot virus* (ToYSV). Moreover, *Euphorbia yellow mosaic virus* (EuMV) was detected in a sample of the ubiquitous weed *Euphorbia heterophylla*, and ToCMoV in a sample of *Sida micrantha*. Therefore, four distinct begomoviruses were found in tomatoes. ToCMoV was detected both in tomato and *Sida micrantha*, and EuMV was detected only in a weed. At the first evaluation (35 days after planting, dap), 73 plants were infected, but only 13 of those were showing symptoms. Disease incidence increased from 35 dap until 80 dap, and then decreased until 95 dap in all treatments, becoming stable until the last evaluation at 110 dap. No statistically significant effects were observed for whitefly management strategy or F1 hybrid, and it was not possible to fit the progress curves obtained into any epidemiological model. Likewise, analysis of the area under the disease progress curve for the different treatments did not indicate any significant effects of either management strategy or F1 hybrid. Based on these results, it is possible to conclude that: (i) the Florestal area has a great species diversity of begomoviruses in tomato; (ii) symptoms in the field are unreliable as indicators of begomovirus incidence and disease progress; (iii) disease progress studies should be carried out along with vector monitoring in the target host in assays with a preestablished spatial distribution; (iv) begomovirus epidemics in tomatoes have the potential to cause significant yield losses when peaking during the flowering stages of the crop, independently of whitefly management practices.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é originário da América do Sul e destacam-se a Bolívia, o Chile, o Equador e o Peru como centros de diversidade dessa hortaliça (Currence, 1963); (Warnock, 1988). No Brasil o tomate ganhou importância econômica como alimento ‘in natura’ e industrializado a partir da década de 1930 (Makishima, 1991).

O Brasil é o principal produtor de tomate da América do Sul, seguido pelo Chile e pela Argentina. O Brasil tornou-se o maior consumidor de produtos derivados de tomate da América do Sul, com importação de aproximadamente 27 mil toneladas em 2009 (SECEX, 2010). A produção mundial de tomate para processamento industrial, em 2008, foi de aproximadamente 130 milhões de toneladas. O Brasil, um dos maiores produtores mundiais, produziu 4 milhões de toneladas numa área de 62,12 mil hectares com produtividade média de 63,34 t por hectare (FAO-FAOSTAT-2010, 2010). A cultura do tomate no Brasil somou 20% do total de hortaliças produzidas em 7,56% da área disponibilizada e a estimativa de geração de emprego alcançou 610,25 mil no setor de produção agrícola (EMBRAPA, 2008).

A família *Geminiviridae* engloba os vírus cujo genoma é composto de DNA fita simples circular, encapsidado por uma única proteína estrutural em uma partícula icosaédrica geminada ((Stanley, *et al.*, 2005); (Fazeli, *et al.*, 2009). O gênero *Begomovirus* inclui espécies virais com um ou dois componentes genômicos, transmitida a espécies de plantas dicotiledôneas pela mosca-branca *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae).

Espécies de begomovirus que ocorrem no ‘Novo Mundo’ (Américas do Norte, Central e do Sul) possuem dois componentes, denominados DNA-A e DNA-B. No DNA-A encontram-se os genes envolvidos na replicação e encapsidação da progênie viral. O DNA-B contém os genes requeridos para o movimento intra e intercelular na planta ((Lazarowitz, 1992). Ambos os componentes genômicos são requeridos para a infecção

sistêmica do hospedeiro. Dentre os begomovirus de maior importância econômica estão o *Bean golden mosaic virus* (BGMV), o *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) e o *African cassava mosaic virus* (ACMV) ((Bonfim, *et al.*, 2007); (Alabi, *et al.*, 2008); (Chirinos, *et al.*, 2009)).

Até a década de 1980, danos causados por begomovirus nas Américas restringiam-se principalmente à produção de leguminosas, com apenas alguns casos isolados relatados em lavouras de tomateiro ((Polston and Anderson, 1997); (van der Walt, *et al.*, 2009)). O primeiro relato de begomovirus em tomateiro no Brasil ocorreu na década de 1970 ((Costa, 1975)). O agente etiológico foi caracterizado e denominado *Tomato golden mosaic virus* (TGMV). Além do TGMV, cinco outros virus transmitidos por mosca-branca foram identificados na mesma época sem causar danos de importância econômica ((Matyis, *et al.*, 1975). Porém, com a introdução do biótipo B de *B. tabaci* no Brasil (Melo, 1992) e sua disseminação às regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (Melo, 1992; Albuquerque, *et al.*, 2010), surtos de begomovirus em tomateiro passaram a ser relatados em diversos estados, inicialmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Ribeiro, *et al.*, 1994; Resende and Cupertino, 1996; Faria, *et al.*, 1997; Galvão, *et al.*, 1998). O biótipo B, comparado com o biótipo A, é capaz de atingir elevados níveis populacionais e possui maior gama de plantas hospedeiras (Bedford, *et al.*, 1994).

Relatos adicionais de begomovirus em tomateiro foram feitos na região Nordeste, em amostras de tomateiro provenientes da Bahia (Aragão, *et al.*, 1996) e de Pernambuco (Bezerra, *et al.*, 1997). Em 1997 a doença foi relatada no Submédio São Francisco, na época a principal região produtora de tomate para processamento industrial no Brasil, acarretando perdas de até 100% em diversas áreas cultivadas e levando ao abandono da tomaticultura intensiva naquela região (Bezerra, *et al.*, 1997).

A caracterização molecular dos begomovirus detectados em tomateiro indicou a presença de diversas espécies, sugerindo um elevado grau de diversidade genética (Ambrozevicius, *et al.*, 2002; Carvalho, *et al.*, 2003; Castillo-Urquiza, 2008). Algumas espécies estão restritas a certas regiões e indica que, provavelmente, espécies melhor adaptadas ao novo hospedeiro tendem a predominar em diferentes regiões geográficas no Brasil (Castillo-Urquiza, 2008; Ferreira, *et al.*, 2010). A ocorrência de infecções mistas em condições de campo tem sido relatada, com dois ou mais virus presentes simultaneamente na mesma planta (Castillo-Urquiza, *et al.*, 2007).

Mutações e troca genética são fontes primárias de variabilidade genética em populações de mosca-branca (Garcia-Andres, *et al.*, 2007a; Hogenhout, *et al.*, 2008) e de begomovirus, que dispõe também da recombinação e pseudo-recombinação como mecanismos geradores de variabilidade (Pita, *et al.*, 2001; Monci, *et al.*, 2002; Andrade, *et al.*, 2006b; Ribeiro, *et al.*, 2007b; Albuquerque, *et al.*, 2010; Salati, *et al.*, 2010; Zakri, *et al.*, 2010). Esses mecanismos desempenham um papel importante na co-evolução entre os begomovirus e seus hospedeiros, contribuindo para sua adaptabilidade e sendo responsáveis, em grande parte, pela rápida evolução desses patógenos (Sanz, *et al.*, 2000; Monci, *et al.*, 2002; Rojas, *et al.*, 2005a; Castillo-Urquiza, *et al.*, 2007; Cotrim, *et al.*, 2007; Castillo-Urquiza, *et al.*, 2008a; Fernandes, *et al.*, 2008). Três fatores são determinantes: (i) híbridos (suscetíveis, tolerantes ou resistentes); (ii) a variabilidade genética do vetor; (iii) a variabilidade genética do virus. Tais fatores podem ocorrer dissociados, mas se ocorrerem associados promovem: (a) uma grande capacidade de adaptação ambiental; (b) torna(m) o(s) begomovirus envolvido(s) potencialmente mais virulentos, uma vez que interferem em diferentes etapas do ciclo de infecção viral; (c) podem maximizar a replicação viral em termos quantitativos podem permitir maior acúmulo de partículas virais na célula infectada, e, em termos temporais, podem diminuir o

tempo necessário para o estabelecimento da infecção sistêmica (Wang, *et al.*, 2003; Fontes, *et al.*, 2004; Vanitharani, *et al.*, 2004; Trinks, *et al.*, 2005; Castillo-Urquiza, *et al.*, 2007; Garrett, *et al.*, 2006; Cotrim, *et al.*, 2007; Castillo-Urquiza, *et al.*, 2008b; Fernandes, *et al.*, 2008; Hogenhout, *et al.*, 2008).

Em áreas comerciais da maioria das regiões do mundo, tomateiros são ainda muito suscetíveis a begomovirus (Polston and Anderson, 1997; Mason, *et al.*, 2000). Há também uma preocupação crescente em que alguns híbridos tolerantes (assintomáticos, mas que permitem a replicação do virus) possam atuar como fonte de inóculo para híbridos suscetíveis (Lapidot and Friedmann, 2002).

Informações de ocorrência, incidência, dinâmicas populacionais (virus e vetor) e a caracterização biológica e molecular dos begomovirus que ocorrem em tomateiros no Brasil são etapas essenciais de todo trabalho de longo prazo que pretenda determinar a diversidade genética viral (Lima, 2008) e auxiliar nos programas de previsão de doença ou de melhoramento genético (Garrett, *et al.*, 2006).

Os objetivos deste trabalho foram investigar a dinâmica temporal de begomovirus e do seu vetor em cinco plantios sucessivos de tomateiro, cobrindo as quatro estações do ano, nos anos de 2006 e 2007, no município de Florestal. Os objetivos específicos incluíram: (i) identificar a(s) espécie(s) de begomovirus presente(s); (ii) estudar a dinâmica de begomovirose sob diferentes sistemas de manejo da mosca-branca em dois cultivares; (iii) monitorar a mosca-branca ao longo dos dois anos consecutivos (2006 e 2007).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O tomateiro

Todos os estudos afirmam que as espécies silvestres de tomate são nativas da região andina que abrange parte do Chile, Colômbia, Equador, Bolívia e Peru. Embora as formas ancestrais de tomate sejam originárias dessa área, sua ampla domesticação se deu no México, chamado de centro de origem secundário. Seu ancestral silvestre é *L. esculentum* var. *cerasiforme* (tomate cereja), nativa de toda América tropical e subtropical. Todas as espécies têm amplitudes de distribuição bem definidas, exceto *L. esculentum* var. *cerasiforme*, o único tomate silvestre encontrado fora da área de distribuição do gênero no centro de origem (Warnock, 1988). A introdução do tomate na Europa foi feita pelos espanhóis no início do século XVI. Sua aceitação como uma cultura cultivada e a sua inclusão no preparo como alimento foi relativamente lenta, ficando seu uso restrito à região de introdução por quase dois séculos Harvey, *et al.*, 2002. Existem evidências de que os italianos foram os primeiros a cultivar o tomate, por volta de 1550, inicialmente pela curiosidade e valor ornamental de seus frutos (Filgueira, 2000; 2008). Em meados do século XVI, já aceito para consumo, passou a ser cultivado e consumido no sul da Europa, e só tornou-se popular no norte da Europa e Ocidente no final do século XVIII (Harvey, *et al.*, 2002). No século XVII, os europeus enviaram o tomate para a China e países do sul e sudeste asiático, e no século XVIII para o Japão e os EUA. De acordo com (Harvey, *et al.*, 2002), a produção e o consumo de tomate rapidamente estenderam-se para os Estados Unidos no século XIX, e até ao final desse século, seus produtos derivados já eram consumidos regularmente.

O tomateiro é uma solanácea herbácea, de caule flexível, piloso, cuja arquitetura natural lembra uma moita, com abundante ramificação lateral (Filgueira, 2000). A

arquitetura do tomateiro é caracterizada por dois tipos de hábito de crescimento. O tipo indeterminado ocorre na maioria dos híbridos para a produção de frutos para mesa, que são tutoradas e podadas e cujo caule pode ultrapassar dois metros de altura. O hábito determinado é característico dos híbridos adaptadas especialmente para a cultura rasteira, cujos frutos destinam-se para a agroindústria e suas hastes atingem cerca de um metro de altura. As flores do tomateiro são pequenas e amarelas, em formato de cachos ou racemo e são hermafroditas, o que proporciona maior taxa de autopolinização (Filgueira, 2000). Possui inflorescência tipo cimeira de formas simples, bifurcadas ou ramificadas.

2.2. Produção da tomaticultura brasileira

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), originário da América do Sul, tem como centros de diversidade a Bolívia, o Chile, o Equador e o Peru (Currence, 1963); (Warnock, 1988). No Brasil o tomate ganhou importância econômica como alimento ‘in natura’ e industrializado a partir da década de 1930 (Makishima, 1991). A safra brasileira de tomate em 2010 foi de 3,93 milhões de toneladas sendo o 9º maior produtor mundial (1,23%), o 14º em área cultivada (2,67%) e o 6º em produtividade, com rendimento médio foi de 59,4 t/há. Os estados com maior participação na safra nacional são Goiás (26,67%), São Paulo (22,29%) e Minas Gerais (13,37%) (FAO-FAOSTAT-, 2010).

O Brasil é o principal produtor de tomate da América do Sul, seguido pelo Chile e pela Argentina. O Brasil tornou-se o maior consumidor de produtos derivados de tomate da América do Sul, com importação de aproximadamente 27 mil toneladas em 2009 (SECEX, 2010). A produção mundial de tomate para processamento industrial, em 2008, foi de aproximadamente 130 milhões de toneladas. O Brasil, um dos maiores produtores mundiais, produziu 3,93 milhões de toneladas numa área de 62,12 mil hectares com produtividade média de 63,34 t por hectare (FAO-FAOSTAT-2010, 2010). A cultura do

tomate no Brasil somou 20% do total de hortaliças produzidas em 7,56% da área disponibilizada e a estimativa de geração de emprego alcançou 610,25 mil no setor de produção agrícola (EMBRAPA, 2008).

O consumo, per capita, de tomate no Brasil é de 6,5 kg por ano. Considerado baixo quando comparado a outros países como Noruega, Grécia, Suíça que excede a 40 kg por ano. Embora o Brasil esteja entre os maiores produtores mundiais de tomate, sua inserção no mercado internacional é baixa, tanto no segmento de produto fresco quanto no de pasta de tomate. Tal fato justifica-se pelo alto custo do produto nacional, grande distância dos países consumidores e barreiras comerciais (Carvalho e Pagliuca, 2007).

A ANVISA iniciou em 2001, o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). Os resultados observados nas culturas monitoradas pelo PARA dividem-se em duas categorias: resíduos que podem causar dano à saúde por excederem os limites máximos estabelecidos pela legislação e os resíduos de produtos não autorizados para aquela cultura. O percentual de resultados insatisfatórios para o tomate em 2006 foi de 2,01%, em 2007 alcançou 44,72%, baixou para 18,27% em 2008 e elevou-se para 32,6% em 2009, mostrando uma instabilidade completa no que se refere às práticas de uso de agrotóxicos no Brasil. A continuidade do PARA é importante para garantir a segurança dos alimentos consumidos pela população, identificar as fontes de contaminação, proporcionar avaliação quanto ao uso inadequado e não autorizado de agrotóxicos, estimular a adoção de continuada de “Boas Práticas Agrícolas”, bem como fornecer subsídios para possível reavaliação dos agrotóxicos (ANVISA, 2010).

No Brasil, o tomateiro é cultivado em praticamente todos os estados, mas a produção para consumo *in natura* destaca-se nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. O período de plantio é específico para cada região geográfica, em função das condições climáticas (Filgueira, 2008).

Segundo a Seção de Estudos Estratégicos da CeasaMinas (CEASA-BH, 2010), no período de maio de 2010 os municípios mineiros foram responsáveis por 86% do abastecimento de tomate para consumo *in natura* em Minas. Destes, seis municípios encontram-se num raio de 100 km da região metropolitana de Belo Horizonte, local de realização deste estudo. Devido à condição favorável à cultura do tomateiro diversas espécies da família solanaceae também se fazem presentes na região sugerindo a presença do vetor e a possibilidade de grande diversidade de begomovirus.

É importante o conhecimento da fenologia da planta hospedeira em relação à suscetibilidade ou tolerância à infecção por Begomovirus, pois a incidência e a severidade da doença pode variar com o estágio de desenvolvimento do tomateiro (Zhou, *et al.*, 2008). Dentre os sintomas causados por begomovirose estão o enrolamento da folha, epinastia, mosaico-dourado, rugoses, cloroses nervais, cloroses internervais, mosqueado e atrofia que resultam em redução da floração, paralisação no crescimento e consequente perda na produção, principalmente se a infecção das plantas ocorrer nos estádios iniciais de desenvolvimento (Zhou, *et al.*, 2008).

2.3. Begomovirus em tomateiro no Brasil

Até a década de 1980, danos causados por begomovirus nas Américas restringiam-se à produção de leguminosas, enquanto apenas alguns casos isolados e pouco significativos eram relatados em lavouras de tomateiro (Polston and Anderson, 1997).

O primeiro relato de geminivirus em tomateiro no Brasil ocorreu na década de 1970 (Costa, 1975). O agente etiológico foi caracterizado e denominado *Tomato golden mosaic virus* (TGMV). Além do TGMV, cinco outros virus transmitidos por mosca-branca foram identificados, porém sem causar danos de importância econômica (Matyis, *et al.*, 1975). Isso provavelmente ocorreu porque o biótipo A de *B. tabaci*, o único presente no Brasil na

época, raramente coloniza o tomateiro (Bedford, *et al.*, 1994). Em 1992, no estado de São Paulo, constatou-se a presença do biótipo B de *B. tabaci*, provavelmente introduzido pela importação de plantas ornamentais da Europa ou dos EUA (Melo, 1992).

Comparado ao biótipo A, o biótipo B apresenta maior grau de adaptação, dispersão e gama de hospedeiros, incluindo solanáceas como o tomateiro e diversas espécies de plantas silvestres e/ou daninhas (Bedford, *et al.*, 1994; Villas Bôas e Castelo Branco, 2009). A presença do biótipo B no Distrito Federal foi confirmada em 1993, associada a sintomas de infecção por begomovirus em tomateiros para processamento industrial (Ribeiro, *et al.*, 1994; França, *et al.*, 1996; Villas Bôas e Castelo Branco, 2009). A partir de plantas com sintomas típicos, fragmentos de DNA correspondentes aos dois componentes genômicos dos begomovirus foram amplificados via PCR. A sequência de nucleotídeos desses fragmentos indicou tratar-se de nova espécie de begomovirus, distinta do TGMV e denominada *Tomato chlorotic vein virus* (TCIVV) (Bezerra, *et al.*, 1996; Carvalho, *et al.*, 2003). Até o presente, a caracterização molecular do TCIVV ainda não foi completada.

Relatos adicionais de begomovirus em tomateiro foram feitos em São Paulo (Faria, *et al.*, 1997), no Rio de Janeiro (Galvão, *et al.*, 1998) e na região Nordeste, em amostras de tomateiro provenientes da Bahia (Aragão, *et al.*, 1996) e de Pernambuco (Bezerra *et al.*, 1997). Em 1997 a doença foi relatada no submédio São Francisco, na época a principal região produtora de tomate para processamento industrial no Brasil, acarretando perdas de até 100% em diversas áreas e levando ao abandono da tomaticultura intensiva na região (Bezerra, *et al.*, 1997). Em todos esses casos, o aparecimento do virus ocorreu logo após a introdução do biótipo B de *B. tabaci*.

Um begomovirus foi identificado em tomateiros em 1996 no Triângulo Mineiro, causando mosaico e deformação foliar (Rezende, *et al.*, 1996; Zerbini, *et al.*, 1996). O

virus foi caracterizado biologicamente e molecularmente (Fernandes, *et al.*, 2006). A comparação da sequência completa de nucleotídeos do DNA-A e DNA-B com as de outros begomovirus comprovou tratar-se de uma nova espécie, denominada *Tomato rugose mosaic virus* (ToRMV) (Carvalho, *et al.*, 2003; Fernandes, *et al.*, 2006).

No mesmo ano (1996), outro begomovirus foi isolado de amostras de tomateiro coletados na Zona Metalúrgica de Minas Gerais (Fernandes, *et al.*, 2006). A análise das sequências demonstrou tratar-se de nova espécie, designada *Tomato chlorotic mottle virus* (ToCMoV) (Andrade, *et al.*, 2002; Ribeiro, *et al.*, 2003). Outros isolados do ToCMoV foram identificados na Bahia, Espírito Santo, Pernambuco e Rio de Janeiro (Ribeiro, *et al.*, 2003). O isolado da Bahia foi caracterizado biologicamente e molecularmente (Ribeiro, *et al.*, 2007a). Um terceiro isolado de begomovirus foi detectado em São Joaquim de Bicas, Minas Gerais, causando sintomas severos em tomateiro. O isolado, denominado MG-Bi2, foi caracterizado biologicamente e molecularmente, demonstrando tratar-se de uma nova espécie denominada *Tomato yellow spot virus* (ToYSV) (Calegario, *et al.*, 2007). A análise das sequências dos componentes genômicos do ToYSV indicou um relacionamento filogenético mais próximo com begomovirus isolados de *Sida* sp., como o *Sida mottle virus* (SiMoV), *Sida yellow mosaic virus* (SiYMV) e *Sida micrantha mosaic virus* (SimMV) (Andrade, *et al.*, 2006a).

Possivelmente, a presença do biótipo B de *B. tabaci* permitiu que virus nativos infectando plantas silvestres e daninhas chegassem ao tomateiro e se adaptassem ao novo hospedeiro em um rápido processo evolutivo, culminando com o surgimento de novas espécies. Estudos realizados no México e nos EUA sugerem que esse processo de evolução e adaptação pode ocorrer em períodos de tempo da ordem de 5-10 anos (Hou e Gilbertson, 1996; Torres-Pacheco, *et al.*, 1996).

Evidências de recombinação e pseudo-recombinação já foram encontradas em associação ao complexo de begomovirus infectando o tomateiro no Brasil. (Galvão, *et al.*, 2003; Ribeiro, *et al.*, 2007b) sugeriram que os isolados MG-Bt1 e BA-Se1, respectivamente, do ToCMoV, possuem origem recombinante. A formação de pseudo-recombinantes viáveis entre o TGMV (DNA-A) e ToYSV (DNA-B), e entre o ToYSV (DNA-A) e o *Tomato crinkle leaf yellow virus* (ToCrLYV) (DNA-B), foi demonstrada em experimentos de inoculação com clones infecciosos (Andrade, *et al.*, 2006a). Além disso, foi sugerida a pseudo-recombinação entre o ToRMV e um novo vírus em condições naturais (Fernandes, *et al.*, 2006).

Levantamentos realizados nos últimos cinco anos (Castillo-Urquiza, *et al.*, 2007; Cotrim, *et al.*, 2007; Fernandes, *et al.*, 2008) indicam que determinadas espécies tornaram-se prevalentes em diferentes regiões do país. O sequenciamento direto de fragmentos de PCR amplificados a partir de amostras de tomateiro coletadas na região central do estado de São Paulo nos anos de 2003 e 2004 indicou como espécie predominante o *Tomato severe rugose virus* (ToSRV), presente em 50% das amostras analisadas. A presença do *Tomato yellow vein streak virus* (ToYVSV) e do SiMoV também foi detectada (Cotrim, *et al.*, 2007). Também mediante o sequenciamento de fragmentos de PCR obtidos de amostras de tomateiro, coletadas entre 2002 e 2004 no Distrito Federal e nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco e São Paulo, verificou-se a presença do ToSRV em 61% das amostras, além do ToYVSV, *Tomato mottle leaf curl virus* (TMLCV) e duas possíveis novas espécies (Cotrim, *et al.*, 2007). A análise de 106 genomas virais completos

2.4. Família Geminiviridae

Vírus incluídos na família *Geminiviridae* são caracterizados pela morfologia icosaédrica da partícula e genoma composto de um ou dois componentes genômicos de

DNA fita simples. A família é dividida em quatro gêneros de acordo com o inseto vetor, gama de hospedeiros, organização do genoma e relacionamento filogenético (Stanley, *et al.*, 2005). O gênero *Mastrevirus* inclui vírus com um componente genômico, transmitidos por cigarrinhas (Homoptera: Cicadellidae) a plantas monocotiledôneas. A espécie-tipo é o *Maize streak virus* (MSV). O gênero *Curtovirus* engloba os geminivírus com um componente, transmitidos por cigarrinhas (Homoptera: Cicadellidae) a espécies dicotiledôneas. A espécie-tipo é o *Beet curly top virus* (BCTV). O gênero *Topocuvirus* contém uma única espécie, o *Tomato pseudo-curly top virus* (TPCTV), com um único componente genômico e transmitido pela cigarrinha *Micrutalis malleifera* (Homoptera: Auchenoryncha) a espécies dicotiledôneas.

O gênero *Begomovirus* inclui espécies com um ou dois componentes genômicos, transmitida a espécies dicotiledôneas pela mosca-branca *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). A espécie-tipo é o *Bean golden mosaic virus* (BGMV). Espécies de begomovírus que possuem um componente genômico estão frequentemente associadas a um DNA satélite denominado DNA beta. O DNA beta codifica uma proteína supressora de silenciamento gênico pós-transcricional, induzindo sintomas mais severos quando presente (Bridson, 2003 e 2008). Patossistemas incluindo begomovírus monossegmentados estão restritos ao ‘Velho Mundo’ (Europa, Ásia e África) (Saunders, *et al.*, 2008). Nas Américas, todos os begomovírus relatados até o presente são compostos de dois componentes genômicos e não estão associados a DNAs satélites. Dois componentes cognatos não possuem identidade significativa entre suas sequências de nucleotídeos, exceto em uma região denominada região comum (RC), onde está localizada a origem de replicação (Hanley-Bowdoin, *et al.*, 1999).

Uma exceção é o *Cabbage leaf curl virus* (CLCV), que apresenta apenas 80% de identidade entre as sequências das RCs do DNA-A e DNA-B (Hill, *et al.*, 1998).

Atualmente, mais de 180 espécies de begomovirus já foram descritas, dessas mais de 50 podem infectar o tomateiro (Fauquet, *et al.*, 2008).

O DNA-A dos begomovirus codifica quatro proteínas: (i) uma proteína associada à replicação (Rep, ‘replication-associated protein’), cuja função é reconhecer e se ligar à origem de replicação e iniciar a síntese de DNA viral via mecanismo de círculo rolante (Fontes, *et al.*, 1992; Orozco, *et al.*, 1997); (ii) uma proteína transativadora da transcrição dos genes *cp* e *nsp* (TrAP, ‘trans-activating protein’) e que também atua como supressora de silenciamento (Voinnet, *et al.*, 1999; Rodriguez-Negrete, *et al.*, 2009); (iii) uma proteína acessória que aumenta os níveis de acúmulo de DNA viral (Ren, ‘replication-enhancer protein’) (Sunter, *et al.*, 1990); (iv) a proteína capsidial (CP, ‘coat protein’), responsável pela encapsidação do genoma viral e essencial para transmissão pelo inseto vetor (Briddon, *et al.*, 1990; Bedford, *et al.*, 1994; Hofer, *et al.*, 1997). Alguns begomovirus codificam a proteína AC4, que também está envolvida na supressão de silenciamento gênico (Vanitharani, *et al.*, 2004; Chakraborty, *et al.*, 2008).

O DNA-B, por sua vez, codifica uma proteína de movimento célula-a-célula (MP, ‘movement protein’) responsável pelo aumento do limite de exclusão dos plasmodesmas (Noueiry, *et al.*, 1994), e a proteína NSP (nuclear shuttle protein), responsável pelo transporte do DNA viral através dos poros nucleares (Noueiry, *et al.*, 1994; Sanderfoot, *et al.*, 1996).

2.5. Replicação viral

Ao entrar na célula, o DNA viral é transportado até o núcleo, onde é convertido em uma molécula de DNA fita dupla denominada forma replicativa (RF), que servirá de molde para síntese de fitas de DNA contendo várias cópias do genoma viral (concatâmeros), via mecanismo de círculo rolante. A maneira como esta conversão ocorre não é conhecida, mas evidências indiretas indicam que ela é realizada por fatores do hospedeiro (Stanley, 1995; Van den Bosch, *et al.*, 2006).

A única proteína viral essencial à replicação dos begomovirus é a proteína Rep. Esta proteína, de aproximadamente 41 kDa, possui várias atividades bioquímicas, incluindo propriedade de ligação a DNA de fita simples e dupla, clivagem e ligação do DNA em sequências específicas, hidrólise de ATP, e iniciação do mecanismo de replicação por círculo rolante (revisado por Hanley-Bowdoin, *et al.*, 1999).

A origem de replicação está localizada na região intergênica, comum entre os dois componentes genômicos. Nesta região está localizada uma sequência repetida e invertida composta predominantemente por guanina e citosina, que forma uma estrutura conservada ('structurally-conserved element', SCE) em forma de grampo, com uma alça contendo a sequência conservada 5'-TAATATTAC-3', encontrada em todos os geminivirus (Orozco and Hanley-Bowdoin, 1996). É neste nonanucleotídeo que ocorre a clivagem pela proteína Rep, que inicia o processo de replicação por círculo rolante. A proteína Rep atua como uma endonuclease sítio-específica com requerimento de estrutura e de sequência (Laufs, *et al.*, 1995; Orozco and Hanley-Bowdoin, 1998). Na região comum encontram-se também sequências específicas para a ligação da proteína Rep (Fontes, 1992 e 1994) e regiões promotoras da RNA polimerase tipo II de plantas, responsável pela transcrição dos genes virais.

O sítio de ligação de Rep ao DNA viral está localizado entre a caixa TATA do gene *rep* e a SCE (Orozco and Hanley-Bowdoin, 1998), sendo constituído por duas repetições diretas e uma repetição invertida de quatro ou cinco nucleotídeos (Gutierrez, 1999). O reconhecimento pela proteína Rep é considerado vírus-específico, de modo que Rep só inicia a replicação de DNAs cognatos (Argüello-Astorga, *et al.*, 1994; Harrison and Robinson, 1999; Ramos, *et al.*, 2003; Chilakamarthi, *et al.*, 2007; Kittelmann, *et al.*, 2009).

2.6. Movimento célula-a-célula e a longa distância de begomovirus

A infecção sistêmica da planta depende não somente da replicação viral na célula inicialmente infectada, mas também da capacidade do vírus de mover-se célula-a-célula até atingir o sistema vascular, de onde é transportado via floema para tecidos com demanda por fotoassimilados (tecidos dreno). Inicialmente, o DNA viral presente no núcleo de uma célula infectada deverá ser transportado para o citoplasma, função desempenhada pela proteína NSP. Uma vez no citoplasma, o DNA viral é transportado através dos plasmodemas até a célula adjacente com auxílio da proteína MP. Dessa forma, para que o transporte de DNA viral célula-a-célula ocorra, as duas proteínas de movimento codificadas pelo DNA-B devem atuar de forma cooperativa (Sanderfoot e Lazarowitz, 1995 e 1996).

A proteína MP possui todas as propriedades de uma proteína de movimento ‘

2.7. Epidemiologia de begomoviroses

Geminivirus transmitidos por mosca-branca constituem um dos maiores problemas na produção de feijão, tomate, pimentão e abóboras na América Latina (Morales e Jones, 2004). Esses autores desenvolveram um modelo de probabilidade de ocorrência de

begomovirus baseado no clima (usando FloraMap), com base em dados de 304 localidades geo-referenciadas onde *B. tabaci* e begomovirus causam danos significativos. Análise de agrupamento dos 304 pontos produziu um modelo com duas variáveis climáticas: uma seca com duração de quatro meses, cada um com menos de 80 mm de chuva, e temperatura média do mês mais quente superior a 21°C. A classificação climática *Cfa* de Köppen, equivalente a 51° LS e 52°30' LO de Greenwich, mostrou que 55% das localidades afetadas por begomovirus estão na região tropical úmida/seca, 22% em áreas de clima tropical e subtropical seco/úmido, e as localidades restantes pertenciam ao clima equatorial úmido e de ventos litorâneos (Morales e Jones, 2004).

Para caracterizar os padrões temporal e espacial de dispersão do ToYVSV em tomates cultivados a campo no município de Sumaré, e em estufas plásticas no município de Elias Fausto, ambos no estado de São Paulo, (Della Vecchia, *et al.*, 2007) instalaram um ensaio de campo com o híbrido Alambra, onde foram avaliadas 4.032 plantas distribuídas em oito blocos, e um ensaio em oito estufas plásticas com plantios escalonados do híbrido Ikram, no qual avaliaram-se 6.016 plantas. As avaliações foram feitas com base nos sintomas induzidos pelo vírus. A confirmação da identidade do vírus foi feita por meio da análise da sequência de nucleotídeos de parte do DNA-A (genes CP e Ren). Nesse ensaio, a incidência da doença evoluiu lentamente de 0,002 (proporção de plantas sintomáticas) até o máximo de 0,0497. Foi possível constatar efeito de bordo, pois a incidência média de

2.8. A mosca-branca *Bemisia tabaci*

A mosca-branca (*Bemisia tabaci* Genn.) foi descrita por Gennadius em 1889 na Grécia, coletada em cultura de fumo (*Nicotiana* sp.). É considerada uma espécie cosmopolita com provável centro de origem no Oriente, e tem sido introduzida em diversas

partes do mundo por meio do comércio e transporte de plantas ornamentais (Brown, *et al.*, 1995b e c).

A mosca-branca é um inseto pertencente à ordem Hemiptera, subordem Homoptera, família Aleyrodidae (Salguero, 1993). Sua distribuição está relacionada às condições de sistemas agrícolas modernos e sua adaptação a diversos tipos de hospedeiros (Brown, *et al.*, 1995a e c). A espécie *B. tabaci* é reconhecida como uma praga em países tropicais e subtropicais, possuindo uma grande variedade de plantas hospedeiras, incluindo pelo menos 506 espécies anuais e herbáceas pertencentes a 74 famílias botânicas (Salguero, 1993). A espécie *B. tabaci* é considerada a mais comum e importante mosca-branca vetora de fitoviroses, e a única transmissora de begomovirus (Harrison, 1985). A espécie *B. tabaci* é capaz de desenvolver biótipos com características morfológicas similares, no entanto, com diferentes hábitos, habilidade reprodutiva, capacidade de adaptação a novas espécies de plantas hospedeiras e a condições adversas (Salguero, 1993). A mutação e a troca genética são as fontes primárias da variação genética em populações de mosca-branca, fornecendo uma grande capacidade de adaptação ambiental (Garcia-Andres, *et al.*, 2007a e b). Geralmente, adultos de mosca-branca voam cerca de 3 a 4 metros de distância, porém podem chegar até a 300 metros. A velocidade de dispersão da mosca-branca pode atingir sete quilômetros por dia, sempre utilizando o vento para sua locomoção (Haji, *et al.*, 1997). Este fato faz com que grandes populações possam sobreviver, colonizar novos ambientes e adaptar-se a diferentes hospedeiros e condições climáticas adversas, destacando-se a temperatura que influencia na metamorfose progressiva da mosca-branca, fazendo com que o seu ciclo de vida possa variar de 15 a 25 dias (Butler e Henneberry, 1985).

O desenvolvimento (ovo-adulto) da mosca-branca foi estudado em condições de campo e em câmaras climatizadas (Santos, *et al.*, 2003), reguladas nas temperaturas

constantes de 15, 20, 25, 30 e $35\pm 1^{\circ}\text{C}$, usando soja cultivar Msoy 8001 como planta hospedeira. O limite térmico inferior de desenvolvimento (T_b) e a constante térmica (K) das fases de ovo, ninfa e adulto foram $11,1^{\circ}\text{C}/98,8$ graus-dia, $6,8^{\circ}\text{C}/383,8$ graus-dia e $8,3^{\circ}\text{C}/472,6$ graus-dia, respectivamente. Nas temperaturas extremas (15°C e 35°C), a viabilidade dos insetos foi menor. No campo, a emergência de 70% dos adultos ocorreu depois de terem sido acumulados $413,2^{\circ}/\text{dia}$. O modelo de graus-dia utilizado foi adequado para a previsão de ocorrência de adultos de *B. tabaci* biótipo B no campo, podendo também ser utilizado para determinação do número de gerações nas diferentes regiões do país (Albergaria, 2002).

A espécie *B. tabaci* pode ocasionar dois tipos de danos ao tomateiro: direto, pela sucção de seiva e ação toxicogênica e indireto, pela transmissão de vírus, principalmente os pertencentes ao gênero begomovirus (Salguero, 1993). Externamente, os danos causados pela mosca-branca são caracterizados pelo amadurecimento irregular dos frutos, causados pela injeção de toxinas durante a alimentação do inseto. Internamente, os frutos se apresentam esbranquiçados, com aspecto esponjoso ou ‘isoporizados’. A maturação desuniforme dos frutos cria uma dificuldade no reconhecimento do ponto de colheita, com consequente redução na produção (Lourenção e Nagai, 1994).

Genótipos de tomateiro pertencentes a diferentes espécies foram avaliados quanto à atratividade para adultos e preferência para oviposição de *B. tabaci* biótipo B em casa-de-vegetação, onde plantas de soja foram introduzidas contendo alta população de mosca-branca, aos 40-45 dias após o transplante. Avaliaram-se o número de adultos e de ovos da mosca-branca nas faces adaxial e abaxial dos folíolos, durante cinco semanas. Não foram constatadas diferenças significativas entre genótipos e entre avaliações com relação ao número de adultos vivos na face adaxial dos folíolos (Fancelli, *et al.*, 2003).

O comportamento de três genótipos de tomateiro (PI 134417, LA 716 e do híbrido Bruna VFN) foi avaliado frente à infestação artificial por *B. tabaci*, com 100 insetos/planta durante dez dias, em plantas com 30 dias de idade. Nos aspectos fisiológicos de plantas com ou sem a presença do inseto, verificou-se que o híbrido Bruna VFN foi prejudicado fisiologicamente, já que a altura da planta e o número médio de folíolos por planta foram inferiores ao observado nas plantas sem a presença do inseto, dez dias após a infestação. Observaram ainda menor comprimento de raízes e diminuição na massa seca da parte aérea e de raízes quando comparadas às plantas sem o inseto. É interessante ressaltar que os genótipos silvestres (PI 134417 e LA 716) não apresentaram alteração fisiológica devido à infestação do inseto (Toscano, *et al.*, 2004).

Nas Américas, antes de 1986, *B. tabaci* era considerada uma praga em um número limitado de culturas (fumo, algodão, batata, feijão e soja). No entanto, depois de 1986 houve um aumento súbito das populações de mosca-branca, mudando este conceito (Osborne, 1988).

O aumento da importância de *B. tabaci* no continente americano deveu-se à introdução e dispersão de um novo biótipo, designado 'B', inicialmente, no Hemisfério Norte, a partir do início da década de 1980. À introdução do biótipo B seguiram-se relatos sucessivos de begomovirus em tomateiros na Flórida (o *Tomato mottle virus*, ToMV), em cucurbitáceas no Texas e Arizona (o *Squash leaf curl virus*, SqLCV) e em tomateiro em diversos países da América Central e Caribe, além do México (Hiebert, *et al.*, 1996).

No início da década de 90, possivelmente por meio da importação de material vegetal, o biótipo B foi introduzido no Brasil, sendo constatadas altas populações no estado de São Paulo, nos municípios de Paulínia, Holambra, Jaguariúna e Artur Nogueira, na região de Campinas (Lourenção e Nagai, 1994). Novamente, à semelhança do que havia

acontecido no hemisfério Norte, relatos sucessivos de begomovirus em tomateiro surgiram logo após a introdução da praga (Zerbini, *et al.*, 1995).

No estudo da interação entre um begomovirus isolado de tomateiro em Anápolis, estado de Goiás, denominado GO-ANPL (taxonomicamente relacionado ao ToRMV) com o vetor *B. tabaci* biótipo B, determinaram o período acesso de aquisição do virus (PAA), o período acesso de inoculação (PAI), o período de latência (PL), a sua retenção e transmissão à progênie. Nos experimentos empregaram-se plantas de tomateiro ‘Santa Clara’ e cinco insetos por planta. Constatou-se um PAA mínimo de 15 min, com o qual 6% dos tomateiros foram infectados. Este percentual aumentou para 65% quando o PAA foi estendido para 24 h. O PAI mínimo foi de 30 min, registrando-se 18% de infecção, o qual foi elevado para 67% com 24 h de PAI. Observou-se o término do PL 16 h após o vetor adquirir o virus. Na detecção do GO-ANPL no vetor via PCR, testes com mais de 2.500 espécimens constataram o virus em ninfas desenvolvidas em tomateiro infectado, em adultos com diferentes PAAs, mas não em ovos de fêmeas avirulíferas ovipositados em planta infectada. Observou-se a passagem transtadiária em 100% dos adultos testados que transmitiram o virus em 33% dos casos. Evidenciou-se a transmissão à progênie pela detecção do virus em ovos, ninfas e adultos provenientes de fêmeas virulíferas. Os resultados demonstram que a interação virus-vetor é estabelecida desde a fase inicial do desenvolvimento do inseto (Santos, *et al.*, 2004).

2.9. Manejo integrado de pragas no sistema orgânico

A adoção do manejo integrado de pragas, o MIP, foi desenvolvido para eliminar ou diminuir o uso de inseticidas, fungicidas, herbicidas e os efeitos danosos de sobre o homem e meio ambiente. No entanto, o mercado exterior tem imposto restrições ao uso desses

produtos e também aos alimentos de origem transgênica. Estas razões e a sustentabilidade na agricultura se tornaram práticas, ditas agroecológicas, que visam preservar a biodiversidade, o meio ambiente e a saúde humana.

Através da utilização adequada de insumos, incluindo fertilizantes e produtos fitossanitários, sugerem que não basta apenas a produtividade, mas também a qualidade do produto, que deve ser mais saudável, além de se evitar a degradação do agroecossistema preservando os recursos naturais renováveis. Essa proposta de manejo agrônomo sustentável visa a interação racional de tecnologia agrônoma, principalmente o controle de pragas, através do monitoramento e aplicação de métodos de controle e adubação racionais (Cassino, *et al.*, 1998).

O manejo integrado de pragas é a *‘utilização de várias táticas, de maneira ecologicamente compatível, visando manter populações de pragas em níveis abaixo daqueles que causam dano econômico, enquanto proporcionam proteção contra prejuízos ao homem e ao meio ambiente’* (França, 1984). O nível de dano econômico corresponde à densidade populacional mínima da praga capaz de causar perdas econômicas (França, 1984; Matsubara, 1992; Malta, 1999 e 2005b)), devendo ser precedido pelo conhecimento do limiar ou ponto de transição abaixo do qual a planta é capaz de tolerar o referido dano. A fixação desse limiar, onde se determina o momento exato da aplicação de inseticidas, é importante para a eliminação das aplicações desnecessárias e de consequentes contaminações ambientais. Os métodos de manejo a serem adotados devem ser adequados à realidade local e apresentarem-se eficientes, práticos, econômicos e seguros para que possam ser efetivamente aplicados (Villas-Boas e Castelo Branco, 1990). Para se estabelecer o nível de ação no controle de uma praga é necessário conhecer características da cultura como o seu ciclo, sua fisiologia, os prejuízos da praga de interesse, o custo do controle e o valor da produção (França, 1984; Gravena, 1984 e Gravena, *et al.*, 1998;

Gallo, *et al.*, 1988; Silva, *et al.*, 1998). Segundo (Bergamin Filho, *et al.*, 1995), uma das condições que favorecem o aumento da população de patógenos de forma epidêmica é o cultivo de plantas geneticamente homogêneas, o que é contrário à diversidade de variedades encontrada nos sistemas de manejo orgânico.

Nos sistemas de manejo orgânico em comparação ao manejo convencional busca-se tornar o sistema produtivo mais autossuficiente ou sustentável, a fim de se obter vantagens das interações biológicas de ocorrência natural, como a ação de fungos micorrízicos, com ênfase no manejo das relações biológicas, tais como interações praga-predadores, patógeno-antagonistas, e em processos naturais, como a fixação biológica do nitrogênio (FBN) e a solubilização de fósforo, ao invés do uso de métodos químicos (Bettiol, 2010). Essas interações biológicas são fundamentais para o sucesso do controle fitossanitário num sistema agroecológico de manejo, devendo ser analisadas de maneira localizada e consideradas a longo prazo (Atkinson e Mckinlay, 1995). Os produtos naturais predominavam antes da década de 1940, a partir de alcaloides obtidos de folhas do gênero *Nicotiana* (Silva, *et al.*, 2010). Após a segunda guerra mundial a ênfase foi para a produção de alimentos e a evolução da indústria química, os produtos naturais tiveram seu uso quase suprimido, assim como as pesquisas nessa área do conhecimento.

O controle a pragas nos agroecossistemas orgânicos é limitado ao uso de produtos não convencionais (Venzon, *et al.*, 2010), pois não estão disponíveis no mercado como os utilizados na agricultura convencional. O estabelecimento e a regulamentação de limites máximos de resíduos (LMR) em alimentos por agências governamentais de diversos países e pela Comissão da União Européia têm se tornado mais frequente na última década. Esses procedimentos, em geral, visam garantir a segurança dos alimentos e a regulamentação do comércio externo. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), do Ministério da Saúde, é o órgão responsável pelo estabelecimento do LMR para as culturas

comercializadas no Brasil (ANVISA, 2010). No Brasil, o processo de registro de biopesticidas envolve três órgãos governamentais, o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). O Decreto 6.913 de julho de 2009 (DOU), que trata do registro de produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica, busca facilitar o processo de registro, tornando-o menos demorado e oneroso.

Nos Estados Unidos existem alguns produtos que já foram registrados como inseticidas (Tabela 1). Dois dos produtos mencionados são amplamente distribuídos, enquanto os outros três apresentam distribuição limitada.

Tabela 1. Inseticidas registrados nos Estados Unidos obtidos a partir de plantas.

Inseticida	País de Origem	Princípio Ativo (origem)	Princípio ativo (%)	Aplicação e uso
Piretro	Quênia*	Piretrinas, cinerina (flores)	25	Inseticida doméstico
Rotenona	Peru*	Rotenóides (raízes e tubérculos)	7,3	Inseticidas em jardins e alimentos orgânicos
Riânia	Trinidade*	Alcalóides tipo rianodina (cuale)	0,1	Alimentos orgânicos
Sabadilla	Venezuela*	Alcalóides veratrínicos (sementes)	0,8	Alimentos orgânicos
Neem	Índia*	Limonóides tipo azadirachtina	25	Alimentos orgânicos
	Brasil**	Limonóides tipo azadirachtina	25	Alimentos orgânicos

Fonte: (ISMAN, 1995; ANVISA, 2010)

A atividade inseticida de extratos de plantas pode ser manifestada através de mortabilidade direta, repelência, esterilidade, interferência no desenvolvimento e modificação do comportamento dos artrópodes. O modo de ação dependerá da substância com atividade inseticida presente na planta (Silva, *et al.*, 2010), a saber:

1. A nicotina, um alcalóide extraído de plantas do gênero *Nicotiana* (Solanaceae), age rapidamente sobre o sistema nervoso dos insetos, inibindo os receptores da

acetilcolinesterase. Os sintomas provocados nos insetos são similares àqueles dos inseticidas carbamatos e organofosforados (Isman, 2006).

2. A piperina, encontrada em pimentas do gênero *Piper* (Piperaceae), possui ação neurotóxica, afeta o sistema nervoso central e causa rápida paralisia do inseto. A cumarina é uma das substâncias tóxicas aos insetos presentes no mentrasto (*Ageratum conyzoides*) (Asteraceae), e age ligando-se de forma irreversível ao citocromo P450, comprometendo a capacidade destoxicativa do inseto e inibindo a cadeia de transporte de elétrons (Silva, *et al.*, 2010).
3. A azadirachtina, principal composto tóxico aos insetos encontrado no nim (*Azadirachta indica*) (Meliaceae), possui efeito sobre mais de 200 espécies de artrópodes, atua como deterrente alimentar e apresenta efeitos endócrinos por bloquear a síntese e a liberação de hormônios, entre os quais o hormônio da ecdise em insetos imaturos. Em insetos adultos, mecanismo similar leva a esterilidade de fêmeas. Apresenta baixa toxicidade a mamíferos, peixes e a polinizadores (Isman, 2006), e além da ação de contato possui também ação sistêmica e translaminar. Resultados positivos no controle de ninfas da mosca-branca em tomateiro foram obtidos com a aplicação do extrato de semente de nim quando utilizado nas concentrações 1:0,5% e 1:0,3%, de azadirachtina, apresentando ação translaminar, sistêmica e de contato (Souza e Vendramim, 2005a; Baldin, *et al.*, 2007; ANVISA, 2010).

Muitos resultados de pesquisa têm demonstrado o potencial acaricida e inseticida de produtos à base de nim disponíveis no mercado brasileiro como Azamax, Dalneem emulsionável, Organic Neem e Neenseto (Venzon, *et al.*, 2008).

Avaliando-se a atividade inseticida de extratos aquosos das meliáceas *Melia azidarach* L. e *Trichilia pallida* Swartz sobre ovos e ninfas da mosca-branca, com três dias de idade, em tomateiro na concentração de 3% p/v, (Souza and Vendramim, 2005b)

observou atividade ovicida desses extratos. Os extratos foram aplicados sobre ovos e as ninfas e foram avaliadas as variáveis de mortalidade e duração das fases de ovo e ninfa. Os frutos verdes de *M. azidarach* foram a estrutura vegetal mais efetiva no controle, seguindo-se os extratos de folhas e os frutos maduros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

Os estudos foram conduzidos no município de Florestal, 749 m de altitude, latitude 19°25'32' S e longitude 44°52'17' W, no Setor de Olericultura, Campus de Florestal da UFV, em 2006 e 2007, em cinco plantios sequenciais (ensaios) de tomateiro estaqueado. A área de cultivo tem topografia suavemente ondulada, solo podzólico vermelho-amarelo, com vegetação de transição mata-cerrado.

3.2. Tratamentos

Compararam-se três sistemas de manejo da mosca-branca: testemunha (sem controle), convencional (com aplicação de inseticidas registrados para a cultura do tomateiro) e orgânico (com o uso de produtos alternativos para o controle da praga). Em todos os sistemas de manejo se utilizou de fungicidas, bactericidas e acaricidas recomendados para a cultura do tomateiro com o objetivo de manter o estande em condições de avaliação em todo o ciclo cultural. Os híbridos de tomateiro usados foram o 'Carmen', suscetível a begomovirus, e 'Thaty', contendo o gene *Ty-1*, supostamente tolerante ou que apresenta reação de tolerância a algumas espécies de begomovirus que ocorrem no Brasil (Boiteux, *et al.*, 2007); (Ji, *et al.*, 2009)). Enumeraram-se os tratamentos segundo a combinação sistema de manejo/híbrido: T1, testemunha 'Carmen'; T2,

convencional ‘Carmen’; T3, orgânico ‘Carmen’; T4, testemunha ‘Thaty’; T5, convencional ‘Thaty’; e T6, orgânico ‘Thaty’.

Em cada ensaio utilizaram-se bordaduras com tomateiros ‘Santa Clara’ entre as parcelas e no entorno do ensaio, conduzidos com duas plantas por cova e mesmo manejo usado na testemunha, para garantir a reinfestação da mosca-branca nos manejos que incluíram os manejos convencional e orgânico.

3.3. Delineamento experimental

O delineamento foi o de blocos ao acaso com seis repetições, em esquema fatorial três sistemas de manejo x dois híbridos. Cada ensaio incluía 36 parcelas (Figura 1). No primeiro ensaio (E1), o transplante ocorreu em março e a colheita de maio a junho de 2006; no segundo ensaio (E2), o transplante ocorreu em junho e a colheita de setembro a outubro de 2006; no terceiro ensaio (E3) o transplante ocorreu em outubro de 2006 e a colheita, de uma única vez, em janeiro de 2007; no quarto ensaio (E4) o transplante ocorreu em março e a colheita de maio a agosto de 2007; no quinto ensaio (E5) o transplante ocorreu em setembro de 2007 e a colheita de novembro de 2007 a janeiro de 2008.

O espaçamento foi de 1,20 m entre fileiras da parcela e 0,60 m entre plantas na fileira. Cada parcela incluía quatro fileiras com oito plantas por fileira, totalizando 32 plantas por parcela. Em cada parcela, selecionaram-se dez plantas, a partir da primeira fileira na primeira planta (grupo A), na segunda planta (grupo B) e na terceira planta (grupo C), para constituírem as plantas alvo (PA) (Figura 1). Nessas PA monitoraram-se, semanalmente, a flutuação populacional de mosca-branca, e quinzenalmente, a incidência de begomovirus. Esse monitoramento quinzenal correspondeu a seis estádios: (i) crescimento, aos 35 dias após o plantio (dap); (ii) pré-floração aos 50 dap; (iii) frutificação aos 65 dap; (iv) amadurecimento de frutos aos 80 dap; e, (v) colheita aos 95 e 110 dap

(Raven, *et al.*, 2007; Filgueira, 2008). Esse intervalo de avaliação também coincide com o período de incubação da virose (aproximadamente 15 dias).

Adquiriram-se as mudas de viveirista profissional e se conduziu a cultura segundo práticas adotadas por tomaticultores da região, a saber: (i) aração e gradagens convencionais, abertura de sulcos espaçados de 1,20 m, adubação química (sulfato de potássio, 100g/cova, Termofosfato, 70g/cova) e orgânica (Bokashi aeróbico 500g/cova), segundo resultado de análise do solo e recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, quinta aproximação (Guimarães, *et al.*, 1999) para o tomateiro; (ii) plantio das mudas nos pontos espaçados de 0,60 m à profundidade de 5 cm; (iii) tutoramento; (iv) irrigação e fertirrigação em sistema de gotejamento na vazão de 1,5 L/h, com turno de rega de 2 dias na primeira quinzena, 3 dias na segunda quinzena e de 4 a 5 dias até o final do ciclo da cultura, segundo as condições edafoclimáticas; (v) o controle de doenças fúngicas e bacterianas se deu com a aplicação de agroquímicos convencionais, no manejo convencional, com produtos alternativos no manejo orgânicos e no manejo testemunha, alternou-se produtos convencionais e orgânicos. No manejo convencional, aplicaram-se Iprodione (Rovral), clorotalonil + oxicloreto de cobre (Dacobre), metalaxyl-m + mancozeb (Ridomil), mancozeb (Manzate) e clorotalonil (Daconil). No manejo orgânico, aplicou-se Calda Viçosa, calda sulfocálcica ou Biogeo ((Silva, *et al.*, 2007)a e b).

Para o controle da mosca-branca, no manejo convencional, pulverizou-se Imidacloprid (20 µl/planta) nas mudas na bandeja de polipropileno e no orgânico, as mudas ficaram em contato com solução de bokashi aeróbico a 10% v/v (água/bokashi), em ‘floating’ adaptado. Após o plantio, adotaram-se os critérios do MIP-TOMATE (Malta, 1999 e 2005b), segundo monitoramento de ocorrência e níveis de ação. Atingido o nível de ação preconizado no manejo convencional, usaram-se imidacloprid (Confidor 700WG, 200g/ha), abamectina (Vertimec, 1 L/ha), acetamiprid (Mospilan, 1 Kg/ha) e tiocarbamato

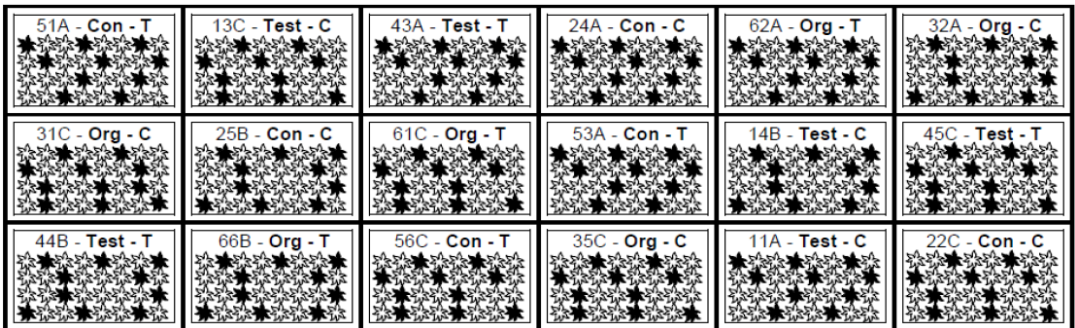
(Cartap, 1,5 Kg/ha); enquanto no manejo orgânico, usaram-se *Bacillus thuringiensis* (Dipel, 2 L/ha), extrato alcoólico de fumo e pimenta (5 L/ha), Base Nim® (5 L/ha), Biogeo (Silva, *et al.*, 2007a e b).

Os dados meteorológicos (precipitação, umidade relativa e temperatura) foram coletados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (5° Distrito), situada a 500 m do experimento.

(A)



(B)



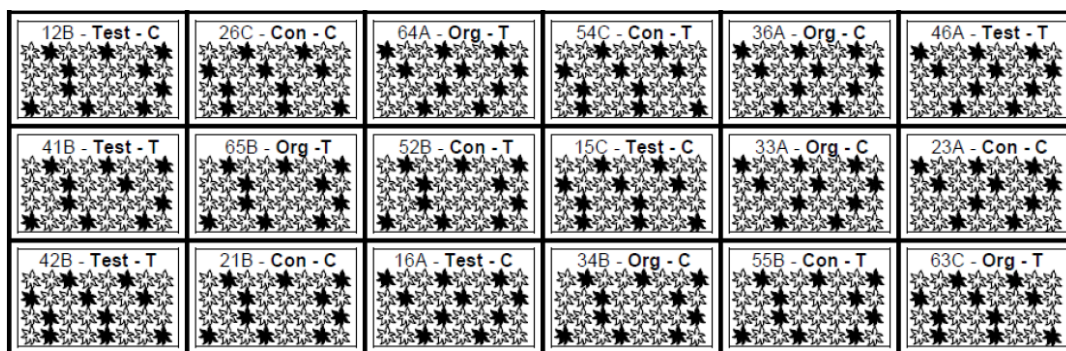


Figura 1. Orientação da área experimental (A), Google Earth 2010 (acesso 02/01/2010), incluindo de cada tratamento (primeiro algarismo), as seis repetições (segundo algarismo) e as plantas-alvo (B) indicadas em preto (letra A: selecionada a 1ª planta da 1ª fileira; letra B) utilizadas para na: selecionada a 2ª planta da 1ª fileira; letra C: selecionada a 3ª planta da 1ª fileira) para batida de ponteiro (flutuação populacional da mosca-branca) e para coleta de discos foliares (extração de DNA e detecção viral). **Test**, manejo testemunha; **Con**, manejo convencional; **Org**, manejo orgânico;; **C**, híbrido ‘Carmen’; **T**, híbrido ‘Thaty’.

3.4. Monitoramento e MIP da mosca-branca

O plano de amostragem sequencial adotado para monitorar a mosca-branca foi semanal e transcorreu do 5º dap ao 110º dap, num total de 12 amostragens por ensaio.

No monitoramento, procedeu-se à batida do ponteiro (três primeiras folhas completas), com vasilhame de polietileno transparente provido de tampa para captura e contagem das moscas-brancas nas dez PA's por parcela, totalizando 60 ponteiros por tratamento, e se adotou o nível de ação de 30 adultos, segundo o MIP-TOMATE (Malta, 1999 e 2005b). Após a contagem os insetos capturados eram soltos. Atingido o nível, pulverizavam-se os produtos segundo o sistema de

3.5. Dinâmica temporal - Progresso da doença

Em cada tratamento, quantificou-se a incidência de begomovirus em intervalos quinzenais aos 35, 50, 65, 80, 95 e 110 dap. Considerou-se cada planta amostrada como infectada com base nos sintomas observados no campo e no sinal positivo nas amostras submetidas para hibridização. Os dados de incidência foram plotados em função do tempo

para obter as curvas de progresso da doença, e estimou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Shaner and Finney, 1977) para cada tratamento.

A caracterização das cultivares quanto à adequação ao sistema de manejo foi realizada por meio da análise com o programa SAS (Statistical Analysis System), versão 9.0, para as variáveis de produção (Tukey a 0,05%), obtendo-se a média dos valores com o erro padrão da média para as variáveis climáticas para número de moscas-brancas, incidência de doença, inclinação da curva encontrada pela diferença do $Y_{\text{máx}}$ e o Y_{anterior} a fim de se determinar o ponto de inflexão da curva, quando esta iniciou sua queda, área abaixo da curva de progresso de doença, ajuste de modelos epidemiológicos e para a produtividade das cultivares dentro de cada sistema de manejo.

3.6. Ocorrência e incidência de begomoviroses

Nas amostragens quinzenais, de cada PA recolhia-se um disco de 1 cm de diâmetro da terceira folha a partir do ponteiro. Em cada parcela, nas seis repetições, 60 discos foram acondicionados em 60 tubos de microcentrífuga de 1,5 ml e encaminhados para o Laboratório de Virologia Vegetal Molecular da UFV, perfazendo o total de 360 amostras.

Determinou-se a presença de begomovirus por meio de hibridização molecular com sonda radioativa, a partir de DNA total extraído das amostras (Dellaporta, *et al.*, 1983). Para a hibridização, os DNAs amostrais, mais os controles negativos (DNAs extraídos de plantas sadias) e positivos (DNAs extraídos de plantas comprovadamente infectadas pelos begomovirus ToYSV, ToRMV, ToSRV e TGMV), foram depositados em membranas de náilon carregadas positivamente e fixado por UV ‘cross-linking’.

As sondas moleculares, consistindo da mistura de fragmentos do DNA-A de ToRMV, ToSRV, ToYSV e TGMV, foram marcadas radioativamente com α -[^{32}P]dCTP utilizando-se o método de ‘random priming’ ((Sambrook and Russel, 2001)). Efetuaram-se as hibridizações e as lavagens sob condições de baixa especificidade (Sambrook and

Russel, 2001), para haver a detecção de qualquer espécie de begomovirus. Identificaram-se as espécies de begomovirus de algumas amostras positivas por meio da amplificação do genoma viral completo utilizando-se a enzima DNA polimerase do bacteriófago phi29, do kit TempliPhi (GE Healthcare), segundo (Inoue-Nagata, *et al.*, 2004). Aliquotas das amplificações foram submetidas a clivagens com as enzimas de restrição *Apa* I, *Bam*H I ou *Kpn* I. Os produtos das reações foram analisados em gel de agarose 0,7% corado em brometo de etídeo. Aliquotas das reações de clivagem contendo fragmentos de 2.600 nucleotídeos (nt), correspondentes a uma cópia de cada componente genômico, foram utilizadas para ligação no vetor pBluescript KS+ (pKS; Stratagene) previamente linearizado com a mesma enzima e defosforilado. Com o produto da reação de ligação, transformou-se *Escherichia coli*, estirpe DH5 α , pelo método de choque térmico (Sambrook and Russel, 2001). Colônias contendo os possíveis plasmídeos recombinantes foram repicadas para meio LB líquido e incubadas a 37°C. Após 12 h, as culturas foram submetidas à minipreparação de DNA plasmidial, pelo método de lise alcalina (Sambrook and Russel, 2001), e o DNA resultante foi analisado em gel de agarose 0,7% corado em brometo de etídeo.

Amostras de DNA plasmidial, com aproximadamente 5.500 nt, correspondente ao vetor plasmidial ligado ao genoma viral, foram submetidas à clivagem com a mesma enzima utilizada para a clonagem, e se analisou o padrão eletroforético em gel de agarose 0,7%. Algumas amostras, contendo fragmento de 2.600 nt, foram encaminhadas para sequenciamento na Macrogen, Inc. (Coreia do Sul).

4. RESULTADOS

4.1. Flutuação populacional da mosca-branca

Adultos da mosca-branca colonizaram o tomateiro, independentemente do tratamento, nos cinco ensaios. Os níveis de ação registrados foram: a) aos 50 dap em E2 nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e 6; b) aos 35 dap em E4 nos tratamentos 3 e 4; e c) aos 110 dap em E5, em todos os seis tratamentos (Tabela 1). Nos ensaios 1 e 3, os níveis de ação não foram registrados em nenhum tratamento. Nos ensaios 1 e 2 houve tendência de aumento populacional dos 35 aos 50 dap, seguido de decréscimo, quase sempre até zero aos 110 dap. No ensaio 3 o nível populacional foi o mais baixo e os picos populacionais ocorreram em diferentes avaliações. Em E4 houve alta infestação em todos os tratamentos já aos 35 dap, com decréscimo a partir de então. Em E5 obteve-se um pico populacional máximo foi aos 110 dap, em todos os tratamentos e com os maiores valores de densidade populacional obtidos em todos os cinco ensaios (Tabela 1).

As infestações pela mosca-branca na cultura foram baixas nos primeiros quatro ensaios. Os únicos picos populacionais registrados em E2, E4 e E5, que levaram aos níveis de ação preconizados, ocorreram sem constituírem problema para a cultura. Nos demais ensaios, o nível de ação foi atingido apenas em alguns tratamentos.

Dentre as variáveis meteorológicas em 2006 e 2007 (Figura 2, Tabela 2) destacam-se: a) a umidade relativa entre 40% e 60% predominou nos períodos entre janeiro/fevereiro e junho/novembro de 2006, e de janeiro/março e junho/novembro de 2007; b) a temperatura média oscilou entre 15°C a 25°C; c) a temperatura mínima de junho a setembro de 2007 foi inferior a 10°C; d) a amplitude térmica oscilou entre 5°C a 20°C de maio a novembro de 2007; e) a precipitação concentrou-se nos períodos de outubro de 2006 a fevereiro de 2007 e outubro de 2007 a janeiro de 2008.

Tabela 1. Número médio de moscas brancas por tomateiro, nos diferentes tratamentos e nos cinco ensaios (E1 a E5), coletadas semanalmente por meio da batidura de ponteiros. Os valores iguais ou superiores a 0,5 (nível de ação), que corresponde a 1 inseto/2 plantas, estabelecido pelo MIP-TOMATE para Florestal, MG (Malta, 1999), estão indicados em negrito.

Tratamento	Cultivar/manejo	Avaliação (dap)*	Ensaio				
			E1	E2	E3	E4	E5
1	'Carmen'/Testemunha	35	0,17	0,24	0,18	0,30	0,38
		50	0,37	0,83	0,06	0,03	0,04
		65	0,15	0,23	0,00	0,03	0,02
		80	0,06	0,06	0,02	0,00	0,03
		95	0,05	0,07	0,00	0,01	0,21
		110	0,00	0,00	0,00	0,00	2,66
2	'Carmen'/Convencional	35	0,12	0,12	0,07	0,28	0,22
		50	0,48	0,68	0,06	0,05	0,05
		65	0,20	0,24	0,02	0,09	0,03
		80	0,03	0,03	0,02	0,02	0,00
		95	0,04	0,04	0,00	0,01	0,27
		110	0,00	0,00	0,00	0,03	1,79
3	'Carmen'/Orgânico	35	0,23	0,23	0,05	0,52	0,13
		50	0,43	0,55	0,07	0,03	0,08
		65	0,31	0,33	0,03	0,04	0,05
		80	0,08	0,11	0,04	0,02	0,03
		95	0,04	0,04	0,00	0,04	0,18
		110	0,00	0,00	0,00	0,01	0,99
4	'Thaty'/Testemunha	35	0,27	0,32	0,15	0,51	0,17
		50	0,47	0,64	0,08	0,03	0,08
		65	0,29	0,34	0,01	0,01	0,03
		80	0,14	0,14	0,16	0,01	0,02
		95	0,03	0,03	0,00	0,01	0,16
		110	0,00	0,00	0,00	0,02	1,18
5	'Thaty'/Convencional	35	0,11	0,11	0,08	0,24	0,19
		50	0,18	0,35	0,07	0,03	0,08
		65	0,18	0,23	0,01	0,04	0,06
		80	0,05	0,07	0,08	0,03	0,03
		95	0,03	0,03	0,00	0,00	0,08
		110	0,00	0,00	0,00	0,01	1,44
6	'Thaty'/Orgânico	35	0,25	0,25	0,08	0,23	0,23
		50	0,43	0,55	0,11	0,03	0,05
		65	0,23	0,24	0,02	0,05	0,02
		80	0,08	0,08	0,09	0,03	0,01
		95	0,01	0,01	0,00	0,02	0,08
		110	0,00	0,24	0,00	0,01	1,28

*Valores médios de 2 semanas de avaliação; dap=dias após o plantio.

No ensaio 5, conduzido de agosto de 2007 a janeiro de 2008, a temperatura média foi de 23,3°C, variando de 11,4°C a 32,6°C. A amplitude térmica média (diurna/noturna) no período foi de 15°C; a umidade relativa média foi de 54%, variando entre 49 a 65%. A precipitação acumulada no período foi de 348 mm e a evapotranspiração média foi de 3,3 (Figura 2 e Tabela 2). Não houve correlação entre as variáveis climáticas, a flutuação da população de mosca-branca, os sistemas de manejo e as cultivares.

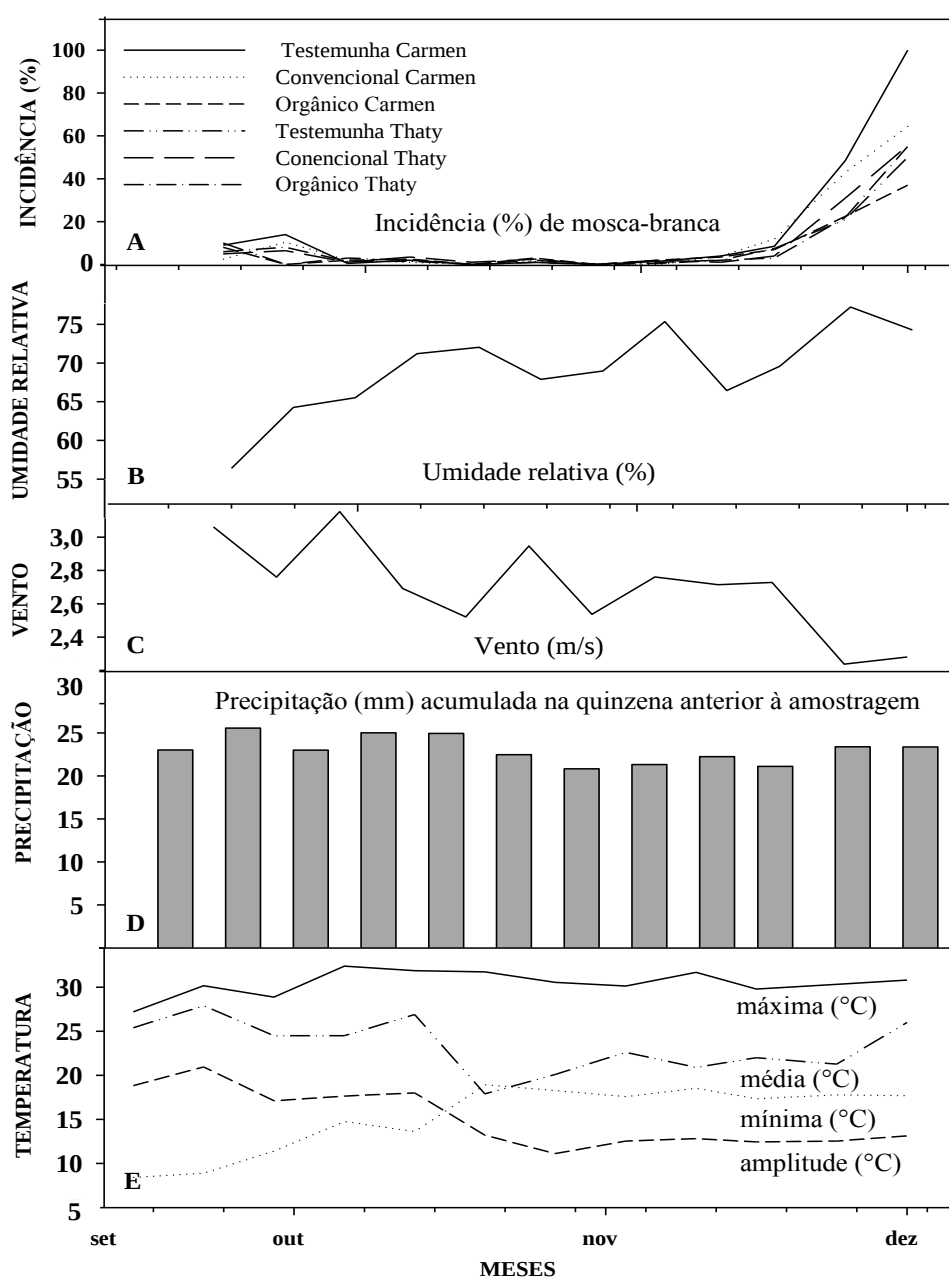


Figura 2. Incidência (%) de mosca-branca nos tratamentos (A); umidade relativa (% - B); vento (m/s - C); precipitação (mm - D); e temperatura (°C - E); médias quinzenais a partir

de 16 de setembro a 4 de dezembro de 2007, nas doze avaliações realizadas, em E5, para determinar a flutuação populacional da mosca-branca no município de Florestal-MG.

Tabela 2. Temperatura máxima (máx), média (méd), mínima (min), amplitude térmica (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento (m/s) e evapotranspiração, média quinzenal do período avaliado e precipitação acumulada (mm) na quinzena que antecedeu à amostragem, de agosto a dezembro/2007 (quinto ensaio), no município de Florestal-MG.

dap	Temperatura (°C)				Umidade relativa (%)	Vento (m/s)	Evapotranspiração	Precipitação acumulada (mm)
	máx	méd	min	amplitude				
35	28,88	20,15	11,41	17,47	48,77	3,73	3,08	0
50	31,42	22,97	14,52	16,90	48,73	3,48	3,34	46,8
65	32,63	23,66	14,69	17,95	49,07	3,40	3,50	34,2
80	31,87	25,35	18,83	13,03	54,33	2,54	3,44	67,2
95	30,12	24,13	18,15	11,97	57,65	2,53	3,23	103,6
110	30,13	23,86	17,59	12,53	64,61	2,44	3,14	96,1
Médias	30,84	23,35	15,87	14,98	53,86	3,02	3,29	347,9

4.2. Avaliação de sintomas, detecção e identificação viral

Em E1, foram processadas 356 amostras na primeira coleta, 368 na segunda, 214 na terceira, 204 na quarta, 164 na quinta e 156 na sexta. Dentre as amostras da primeira, quarta e sexta coletas, nenhum resultado positivo ocorreu presença de vírus. Dentre as amostras positivas, uma foi da segunda coleta, duas da terceira coleta e cinco da quinta coleta. O baixo número de amostras positivas provavelmente deveu-se à época do ano não ter sido favorável à presença da mosca-branca e à incidência da doença. Ocorreu intensa precipitação no período de estabelecimento da cultura no campo, e consequente baixa infestação de mosca-branca.

Em E2 extraiu-se o DNA de 358, 358, 358, 354, 353 e 346 amostras na primeira, segunda, terceira, quarta, quinta e sexta coletas, respectivamente. Nenhuma amostra positiva foi observada nas três primeiras coletas, e apenas 6, 2 e 1 amostras foram positivas na quarta, quinta e sexta coletas, respectivamente. A incidência da doença foi baixa, correspondendo a 1,4% do total de amostras analisadas na quarta coleta. Na quinta coleta a incidência foi menor, sendo que em algumas plantas nas quais anteriormente havia sido

confirmada a presença de DNA viral, o resultado foi negativo. Na sexta coleta esse fato se repetiu e praticamente todas as amostras apresentaram resultado negativo, incluindo amostras positivas da quinta coleta.

Em E3, não efetuou as seis coletas previstas devido à infecção por *R. solanacearum*. Durante os meses de dezembro de 2006 e janeiro de 2007 ocorreu precipitação excessiva, o que para a maior incidência da infecção por esse patógeno. Assim, o número de plantas no campo foi gradualmente reduzido, e em consequência, durante a quinta e última coleta, a quantidade de material amostrado foi menor que as coletas anteriores (apenas 68 amostras). As amostras processadas na primeira, segunda, terceira e quarta coletas foram 357, 334, 325 e 278, respectivamente, e novamente observou-se incidência baixa de infecção por begomovirose. Ao longo das seis amostragens nos ensaios E4 e E5 detectaram-se plantas com sintomas típicos de infecção por begomovirus. Em E5, de setembro de 2007 a janeiro de 2008, houve maior ocorrência de mosca-branca e incidência de plantas com sintomas de infecção por begomovirus. Entretanto, quando se comparou a detecção baseada em sintomas à detecção molecular, houve baixa coincidência de resultados (Tabela 3). Este fato confirma que a observação de sintomas no campo não é evidência confiável da infecção viral, pois os sintomas podem ter outra(s) causa(s).

Tabela 3. Total de plantas amostradas, número de plantas com sintomas de infecção por begomovirus (Sint), número de plantas infectadas segundo detecção molecular (Inf) e número de plantas em que a detecção por sintomas coincidiu com a detecção molecular (Sco), em ensaios conduzidos no outono/inverno (E4) e primavera/verão (E5) de 2007, em Florestal, MG.

Ensaio	Plantas	Época de amostragem (dias após o plantio)					
		35	50	65	80	95	110
E4	Total	356	349	383	334	405	331
	Sint	0	63	73	65	61	61
	Inf	0	5	7	13	0	0
	Sco	0	0	0	0	0	0
	Total	360	349	335	343	286	302

Sint	34	68	101	150	179	185
Inf	73	73	109	107	23	35
Sco	13	18	29	21	7	11

Avaliando-se em conjunto os resultados de detecção viral nos cinco ensaios observou-se incidência crescente até os 80 dap, e decrescente a partir deste período até a última avaliação (110 dap). Em E5, a incidência observada no final do ciclo foi inferior àquela encontrada no início (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados da detecção viral nas amostras coletadas do primeiro até o quinto ensaios (E1, E2, E3, E4 e E5).

Ensaio	Amostragens (dap)												Total	
	1ª (35)		2ª (50)		3ª (65)		4ª (80)		5ª (95)		6ª (110)			
	I*	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
E1	0	356	1	368	2	214	0	204	5	164	0	156	8	1.462
E2	0	358	0	358	0	358	6	354	2	353	1	346	9	2.127
E3	0	357	15	334	0	325	6	278	0	68	-	-	22	1.686
E4	0	356	5	349	7	383	13	334	0	405	0	331	25	2.158
E5	73	360	73	349	109	335	107	343	23	286	35	302	409	1.975
Total	73	1.787	92	1.758	124	1.615	121	1.559	30	1.486	32	1.203	473	9.408

* I: plantas com infecção viral comprovada por hibridização molecular; T: total de plantas testadas.

Depois de quantificadas as PA positivas para a detecção do vírus e com sintomas característicos para a infecção viral no campo, procedeu-se à análise de variância. Observou-se a ocorrência de plantas doentes ao longo das avaliações e verificou-se tendência de avanço da infecção viral da periferia da área experimental para o centro da (Tabela 5; Figura 3).

Tabela 5. Quadrados médios da análise de variância obtidos no ensaio 5 em seis avaliações de plantas sintomáticas em duas cultivares conduzidas em três sistemas de manejo na cultura do tomateiro em Florestal, MG em 2007.

Fonte de Variação	Quadrado Médio					
	35 Sint ¹	50 Sint	65 Sint	80 Sint	95 Sint	110 Sint
Blocos	3,65*	17,49*	34,33**	8,58 ^{NS}	37,42*	34,65**
Tratamento	1,58 ^{NS}	1,44 ^{NS}	14,08 ^{NS}	2,25 ^{NS}	10,03 ^{NS}	5,33 ^{NS}
Cultivar	0,69 ^{NS}	0,69 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,25 ^{NS}	14,69 ^{NS}	23,36 ^{NS}
Trat * Cultivar	2,03 ^{NS}	0,78 ^{NS}	3,58 ^{NS}	0,58 ^{NS}	7,86 ^{NS}	2,11 ^{NS}

Media	0,917	1,86	2,83	3,42	5,36	4,92
CV (%)	124,54	124,25	99,33	74,02	66,81	53,54

¹ avaliações de sintomas visuais aos 35, 50, 65, 80, 95 e 110 dias após o plantio.

^{NS} diferença não significativa pelo teste F (P < 0,05).

Cult. Carmem	1,06	2,00	2,83	3,50	6,00	5,72
Cult. 'Thaty'	0,77	1,72	2,83	3,33	4,72	4,11

Trat. Convencional	0,66	1,58	1,58	2,92	4,33	4,25
Trat. Orgânico	0,75	1,75	3,42	3,67	5,67	5,58
Trat. Testemunha	1,33	2,25	3,50	3,67	6,08	4,92

Tabela 5.1. Quadrados médios da análise de variância obtidos no ensaio 5 em seis avaliações das hibridizações em duas cultivares conduzidas em três sistemas de manejo na cultura do tomateiro em Florestal, MG em 2007.

Fonte de Variação	Quadrado Médio					
	35 H ¹	50 H	65 H	80 H	95 H	110 H
Blocos	3,22 ^{NS}	0,89 ^{NS}	2,22 ^{NS}	1,09 ^{NS}	1,82 ^{NS}	0,69 ^{NS}
Tratamento	0,77 ^{NS}	1,36 ^{NS}	0,52 ^{NS}	2,11 ^{NS}	0,11 ^{NS}	1,36 ^{NS}
Cultivar	1,36 ^{NS}	4,69*	1,36 ^{NS}	0,03 ^{NS}	1,36 ^{NS}	1,36 ^{NS}
Trat * Cultivar	4,11 ^{NS}	0,19 ^{NS}	1,86 ^{NS}	1,44 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,36 ^{NS}
Media	2,02	2,03	3,03	2,97	0,64	0,97
CV (%)	68,47	48,62	65,17	50,59	150,76	92,31

¹ avaliações das hibridizações aos 35, 50, 65, 80, 95 e 110 dias após o plantio.

^{NS} diferença não significativa pelo teste F (P < 0,05); * diferença significativa pelo teste F (P < 0,05).

Cult. Carmem	1,83	1,66 B	3,22	3,00	0,83	1,17
Cult. 'Thaty'	2,22	2,38 A	2,83	2,94	0,44	0,78
Trat. Convencional	1,75	1,66	2,83	2,92	0,58	0,67
Trat. Orgânico	2,25	2,08	3,25	2,58	0,75	0,92
Trat. Testemunha	2,08	2,33	3,00	3,42	0,58	1,33

Tabela 5.2. Quadrados médios da análise de variância obtidos no ensaio 5 em seis avaliações de plantas com infecções coincidentes com plantas sintomáticas, em duas cultivares conduzidas em três sistemas de manejo na cultura do tomateiro em Florestal, MG em 2007.

Fonte de Variação	Quadrado Médio					
	35 Sco ¹	50 Sco	65 Sco	80 Sco	95 Sco	110 Sco
Blocos	0,69 ^{NS}	1,26*	1,69**	1,38**	0,16 ^{NS}	0,56**
Tratamento	0,19 ^{NS}	1,58 ^{NS}	1,78 ^{NS}	1,33 ^{NS}	0,86**	0,36 ^{NS}
Cultivar	0,69 ^{NS}	1,00 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,69 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,69 ^{NS}
Trat * Cultivar	0,03 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,77 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,03 ^{NS}
Media	0,36	0,50	0,81	0,58	0,19	0,31
CV (%)	168,95	157,76	99,22	116,41	175,66	148,38
Cult. Carmem	0,50	0,67	0,89	0,72	0,27	0,44

¹ avaliações da coincidência das hibridizações e plantas sintomáticas aos 35, 50, 65, 80, 95 e 110 dap.

^{NS} diferença não significativa pelo teste F (P < 0,05); ** diferença significativa pelo teste F (P < 0,01).

Cult. 'Thaty'	0,22	0,33	0,72	0,44	0,11	0,17
Trat. Convencional	0,33	0,33	0,58	0,25	0,50 A	0,17
Trat. Orgânico	0,25	0,25	0,58	0,58	0,08 B	0,25
Trat. Testemunha	0,50	0,91	1,25	0,92	0,00 B	0,50

Tabela 5.3. Quadrados médios da análise de variância obtidos no ensaio 5 em seis avaliações do número de moscas-brancas presentes em duas cultivares conduzidas em três sistemas de manejo na cultura do tomateiro em Florestal, MG em 2007.

Fonte de Variação	Quadrado Médio					
	35 MB ¹	50 MB	65 MB	80 MB	95 MB	110 MB
Blocos	3,17 ^{NS}	6,84 ^{NS}	1,11 ^{NS}	0,91 ^{NS}	1,22 ^{NS}	1337,45 ^{NS}
Tratamento	11,08 ^{NS}	6,36 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,19 ^{NS}	658,58 ^{NS}
Cultivar	0,25 ^{NS}	9,00 ^{NS}	0,69 ^{NS}	0,00 ^{NS}	4,69 ^{NS}	1236,69 ^{NS}
Trat * Cultivar	1,75 ^{NS}	31,08 ^{NS}	1,86 ^{NS}	1,00 ^{NS}	0,36 ^{NS}	2591,03 ^{NS}
Media	2,25	2,72	0,75	0,61	1,31	27,92
CV (%)	111,51	115,26	225,53	198,92	98,72	136,38
¹ Avaliações do número de moscas brancas (MB) aos 35, 50, 65, 80, 95 e 110 dias após o plantio. ^{NS} diferença não significativa pelo teste F (P< 0,05).						
Cult. Carmem	2,33	3,22	0,61	0,61	1,67	33,78
Cult. 'Thaty'	2,16	2,22	0,89	0,61	0,94	22,06
Trat. Convencional	1,25	3,33	0,92	0,67	1,17	33,00
Trat. Orgânico	2,33	1,92	0,67	0,67	1,33	19,42
Trat. Testemunha	3,17	2,92	0,67	0,50	1,42	31,33

(A)

51A	13C	43A	24A	62A	32A	12B	26C	64A	54C	36A	46A
31C	25B	61C	53A	14B	45C	41B	65B	52B	15C	33A	23A
44B	66B	56C	35C	11A	22C	42C	21B	16A	34B	55B	63C

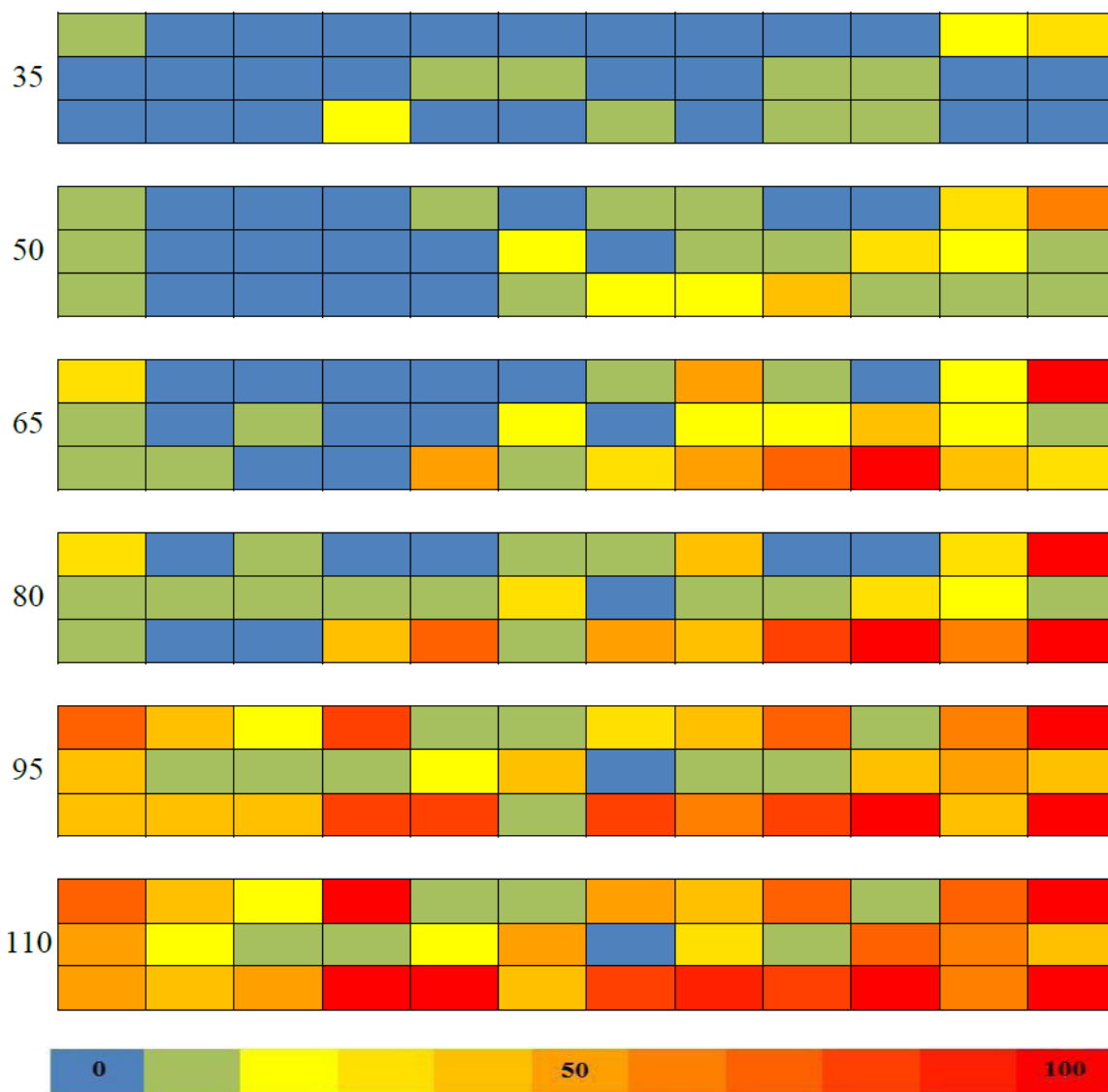


Figura 3. Incidência (%) de (A) plantas com sintomas por begomovirus, (B) de plantas com infecção por begomovirus confirmadas pela hibridização, e (C) de mosca-branca (amostrada pela batedura semanal de ponteiros do tomateiro e contabilizada quinzenalmente) aos 35, 50, 65 80, 95 e 110 dias após o em cada um dos blocos da área experimental no quinto ensaio. No alto o croqui da área experimental indica os tratamentos (primeiro algarismo, de 1 a 6), as repetições (segundo algarismo, também de 1 a 6) e a planta alvo (PA) da primeira linha da parcela (letra A, primeira planta; letra B, segunda planta; letra C, terceira planta). Por exemplo, o bloco 51 A representa a primeira repetição do tratamento 5 (Conv ‘Thaty’), sendo a primeira PA (1ª planta da 1ª linha da parcela).

(B)

51A	13C	43A	24A	62A	32A	12B	26C	64A	54C	36A	46A
31C	25B	61C	53A	14B	45C	41B	65B	52B	15C	33A	23A
44B	66B	56C	35C	11A	22C	42C	21B	16A	34B	55B	63C

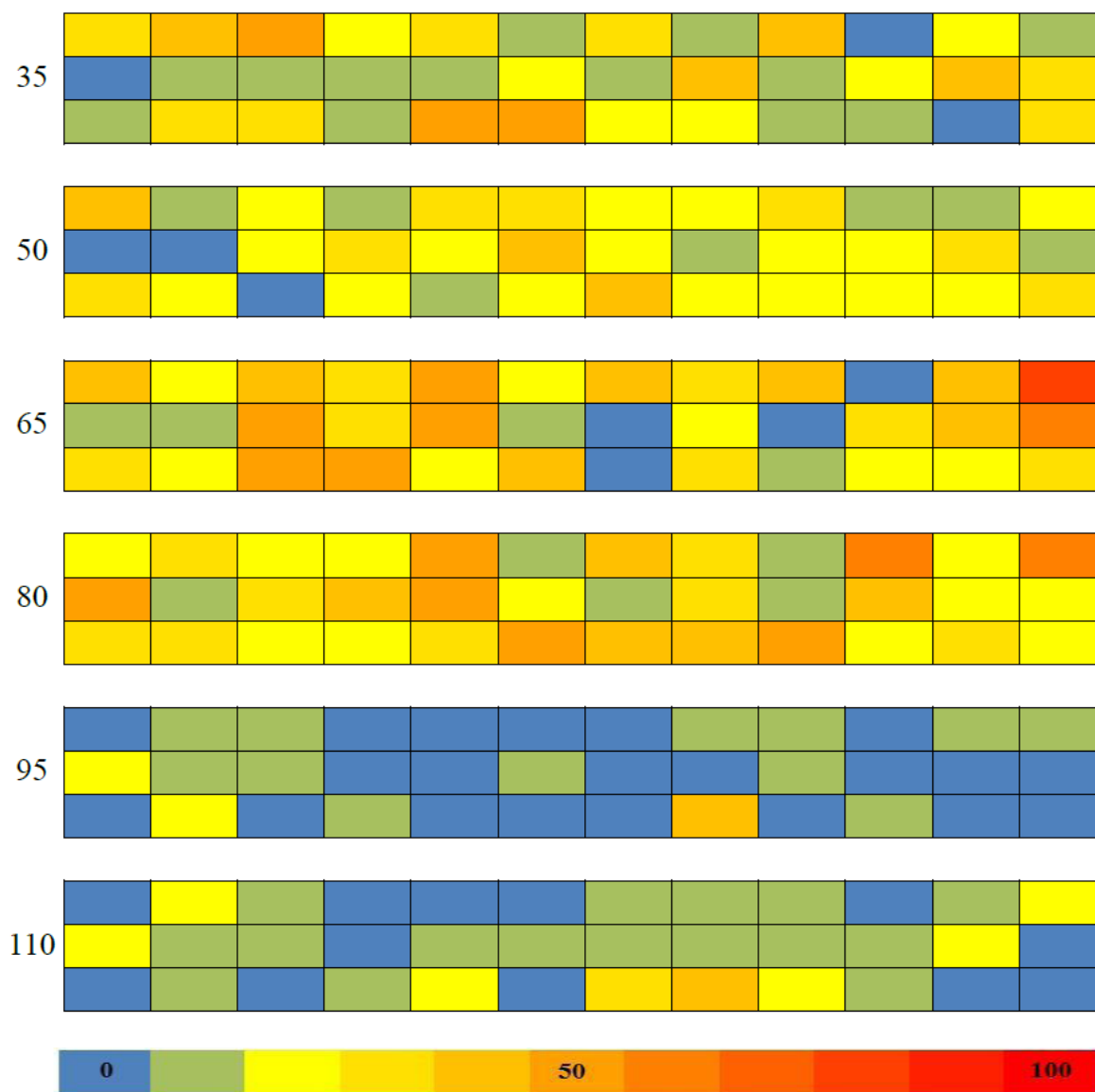


Figura 3 (cont.)

(C)

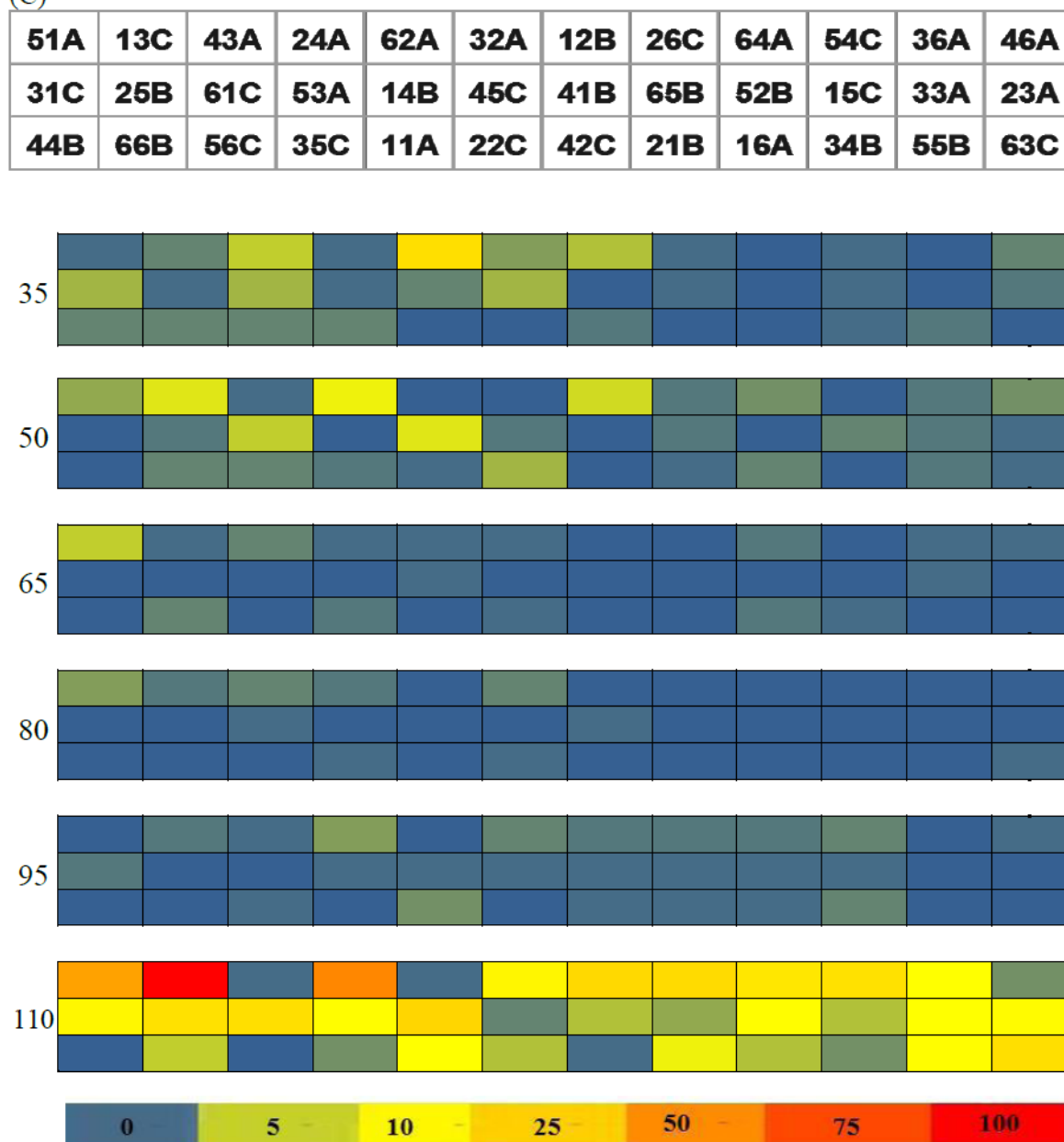


Figura 3 (cont.)

No ensaio 5 registrou-se a ocorrência de plantas consideradas infectadas (Inf) pela hibridização molecular, consideradas aparentemente sintomáticas (Sint) por begomovirus e plantas nas quais a infecção e o sintoma foi coincidente (Sco) na mesma planta infectada por begomovirus, confirmada pela hibridização e ocorrência do sintoma observado a campo, em todos os tratamentos em E5 (Tabela 5), nos tratamentos relativos à cultivar

‘Carmen’ (Tabela 5.1) e nos tratamentos relativos aos tratamentos relativos à cultivar ‘Thaty’ (Tabela 5.2).

Tabela 6. Número de plantas com infecção por begomovirus em todos os tratamentos, detectado por meio de hibridização molecular (Inf), plantas sintomáticas (Sint) e plantas nas quais a infecção foi coincidente com sintomas no campo (Sco) no ensaio 5 (primavera/verão de 2007), nas cultivares ‘Carmen’ e ‘Thaty’, em Florestal, MG.

Época de avaliação		Tratamentos																		TOTAL		
		Test-C			Conv-C			Org-C			Test T			Conv-T			Org-T					
dap	Bloco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco
35	A1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	0	1	0	0	7	1	0
35	A2	3	0	0	2	0	0	1	1	1	2	1	0	1	0	0	3	0	0	15	2	1
35	A3	4	0	0	5	1	0	4	0	0	5	0	0	1	0	0	3	0	0	19	1	0
35	A4	1	1	1	1	1	1	1	3	0	1	6	2	0	0	0	4	0	0	9	12	4
35	A5	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	0	0	0	1	1	4	1	0	10	10	4
35	A6	1	3	2	3	2	1	2	1	0	3	3	0	3	0	0	3	1	1	13	13	4
Total		11	6	4	13	6	3	9	7	2	14	10	2	8	2	1	18	2	1	73	39	13
50	B1	2		0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	4	3	0	2	0	0	12	3	0
50	B2	2	0	0	2	0	0	3	0	0	4	1	1	2	0	0	3	1	0	16	2	2
50	B3	1	0	0	1	1	0	3	0	0	2	1	0	3	0	0	3	1	0	13	3	0
50	B4	2	4	1	1	4	1	2	2	1	3	10	2	1	0	0	3	1	0	12	25	4
50	B5	2	0	3	0	1	1	2	1	3	4	0	1	2	2	0	1	2	0	11	6	6
50	B6	2	3	3	2	4	1	1	10	3	2	2	0	0	4	1	2	3	1	9	29	6
Total		11	6	7	8	10	3	11	13	7	17	14	4	12	9	1	4	8	1	73	66	18
65	C1	5	13	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	2	0	5	0	0	18	29	0
65	C2	4	0	2	0	1	0	2	0	1	0	3	0	0	1	0	5	1	0	15	6	3
65	C3	2	1	1	4	1	1	4	3	0	4	2	1	3	1	1	3	1	0	22	10	4
65	C4	5	6	3	3	2	1	2	4	0	3	14	1	0	1	0	4	3	1	17	36	6
65	C5	3	1	2	1	1	1	5	4	1	1	0	1	2	1	1	2	2	1	14	10	7
65	C6	1	3	1	8	4	1	4	13	1	8	4	3	5	4	1	2	10	2	23	41	9
Total		20	7	9	20	9	4	18	24	3	16	24	6	14	10	3	21	17	4	109	98	29
80	D1	2	18	0	1	1	0	5	1	0	1	1	0	2	7	1	3	1	0	17	47	1
80	D2	4	3	1	4	5	0	1	4	1	4	3	0	1	1	0	5	1	0	20	20	2
80	D3	3	2	1	2	1	0	2	3	0	2	4	0	4	3	0	2	3	0	15	18	1
80	D4	5	7	1	3	4	0	2	6	0	3	8	1	6	0	0	1	7	1	19	39	3
80	D5	4	2	2	2	4	1	2	5	1	2	0	1	3	1	0	3	1	1	15	15	6
80	D6	5	3	3	6	4	1	2	2	1	6	5	1	2	4	0	3	10	2	21	31	8
Total		23	6	8	17	19	2	14	21	3	18	21	3	18	16	1	17	23	4	107	112	21
95	E1	3	23	1	0	9	0	2	1	0	0	2	0	0	7	0	1	0	0	10	65	1
95	E2	0	3	0	0	2	0	0	5	0	0	5	0	1	1	0	0	1	0	1	20	0
95	E3	1	2	1	1	4	0	0	10	0	1	5	0	0	5	0	0	4	0	2	32	1
95	E4	0	10	0	0	4	1	1	6	0	0	18	1	0	1	0	1	7	0	2	56	1
95	E5	0	5	1	1	4	0	1	6	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0	3	24	1
95	E6	0	7	1	1	8	1	1	14	0	1	8	1	0	6	0	2	11	0	5	61	3
Total		4	8	4	6	31	1	5	42	0	3	38	2	1	21	0	4	26	0	23	174	7
110	F1	1	35	1	1	8	0	2	1	0	1	1	0	0	7	0	1	0	0	9	87	1
110	F2	1	3	0	3	2	1	0	5	0	3	4	1	1	1	0	0	1	0	5	19	1
110	F3	2	2	1	1	4	0	2	9	0	1	5	0	0	5	0	0	4	0	5	31	1

110	F4	1	9	0	0	4	0	1	6	0	0	9	0	0	1	0	1	7	0	3	45	0
110	F5	1	5	1	1	4	0	1	6	1	1	0	0	1	1	0	1	3	0	6	24	3
110	F6	2	6	1	2	8	1	1	14	1	2	8	1	0	6	0	1	11	1	7	59	5
Total		8	7	4	6	30	2	7	41	2	8	27	2	2	21	0	4	26	1	35	159	11

* Test: Testemunha; Conv: Convencional; Org: Orgânico; C: ‘Carmen’; T: ‘Thaty’; Blocos A, B, C, D, E e F nas repetições de 1 a 6

Tabela 6.1. Número de plantas com infecção por begomovirus nos tratamentos com a cultivar ‘Carmen’, detectado por meio de hibridização molecular (Inf), plantas sintomáticas (Sint) e plantas nas quais a infecção foi coincidente com sintomas no campo (Sco) no ensaio 5 (primavera/verão de 2007), em Florestal, MG.

Época de avaliação		Tratamento									TOTAL		
		Test-C			Conv-C			Org-C					
dap	Bloco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco
35	A1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
35	A2	3	0	0	2	0	0	1	1	1	6	1	1
35	A3	4	0	0	5	1	0	4	0	0	13	1	0
35	A4	1	1	1	1	1	1	1	3	0	3	5	2
35	A5	2	2	1	2	2	1	1	2	1	5	6	3
35	A6	1	3	2	3	2	1	2	1	0	6	6	3
Total		11	6	4	13	6	3	9	7	2	33	19	9
50	B1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0
50	B2	2	0	0	2	0	0	3	0	0	7	0	0
50	B3	1	4	0	1	1	0	3	0	0	5	1	0
50	B4	2	0	1	1	4	1	2	2	1	5	10	3
50	B5	2	3	3	0	1	1	2	1	3	4	2	7
50	B6	2	6	3	2	4	1	1	10	3	5	17	7
Total		11	13	7	8	10	3	11	13	7	30	29	17
65	C1	5	0	0	0	0	0	1	0	0	6	13	0
65	C2	4	1	2	0	1	0	2	0	1	6	1	3
65	C3	2	6	1	4	1	1	4	3	0	10	5	2
65	C4	5	1	3	3	2	1	2	4	0	10	12	4
65	C5	3	3	2	1	1	1	5	4	1	9	6	4
65	C6	1	7	1	8	4	1	4	13	1	13	20	3
Total		20	18	9	20	9	4	18	24	3	58	40	16
80	D1	2	3	0	1	1	0	5	1	0	8	20	0
80	D2	4	2	1	4	5	0	1	4	1	9	12	2
80	D3	3	7	1	2	1	0	2	3	0	7	6	1
80	D4	5	2	1	3	4	0	2	6	0	10	17	1
80	D5	4	3	2	2	4	1	2	5	1	8	11	4
80	D6	5	6	3	6	4	1	2	2	1	13	9	5
Total		23	23	8	17	19	2	14	21	3	54	46	13
95	E1	3	3	1	0	9	0	2	1	0	5	33	1
95	E2	0	2	0	0	2	0	0	5	0	0	10	0
95	E3	1	10	1	1	4	0	0	10	0	2	16	1
95	E4	0	5	0	0	4	1	1	6	0	1	20	1
95	E5	0	7	1	1	4	0	1	6	0	2	15	1
95	E6	0	8	1	1	8	1	1	14	0	2	29	2
Total		4	35	4	6	31	1	5	42	0	15	81	5

110	F1	1	3	1	1	8	0	2	1	0	4	44	1
110	F2	1	2	0	3	2	1	0	5	0	4	10	1
110	F3	2	9	1	1	4	0	2	9	0	5	15	1
110	F4	1	5	0	0	4	0	1	6	0	2	19	0
110	F5	1	6	1	1	4	0	1	6	1	3	15	2
110	F6	2	7	1	2	8	1	1	14	1	5	28	3
Total		8	32	4	6	30	2	7	41	2	21	78	8

* Test: Testemunha; Conv: Convencional; Org: Orgânico; C: ‘Carmen’; T: ‘Thaty’; Blocos A, B, C, D, E e F nas repetições de 1 a 6

Tabela 6.2. Número de plantas com infecção por begomovirus nos tratamentos com a cultivar ‘Thaty’, detectado por meio de hibridização molecular (Inf), plantas sintomáticas (Sint) e plantas nas quais a infecção foi coincidente com sintomas no campo (Sco) no ensaio 5 (primavera/verão de 2007), em Florestal, MG..

Época de avaliação		Tratamentos cv ‘Thaty’									TOTAL		
		Test T			Conv-T			Org-T					
dap	Bloco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco	Inf	Sint	Sco
35	A1	1	0	0	3	1	0	1	0	0	5	1	0
35	A2	2	1	0	1	0	0	3	0	0	6	1	0
35	A3	5	0	0	1	0	0	3	0	0	9	0	0
35	A4	1	6	2	0	0	0	4	0	0	5	6	2
35	A5	2	0	0	0	1	1	4	1	0	6	2	1
35	A6	3	3	0	3	0	0	3	1	1	9	4	1
Total		14	10	2	8	2	1	18	2	1	40	14	4
50	B1	2	0	0	4	3	0	2	0	0	8	3	0
50	B2	4	1	1	2	0	0	3	1	0	9	2	1
50	B3	2	1	0	3	0	0	3	1	0	8	2	0
50	B4	3	10	2	1	0	0	3	1	0	7	11	2
50	B5	4	0	1	2	2	0	1	2	0	7	4	1
50	B6	2	2	0	0	4	1	2	3	1	4	9	2
Total		17	14	4	12	9	1	4	8	1	33	31	6
65	C1	0	1	0	4	2	0	5	0	0	9	3	0
65	C2	0	3	0	0	1	0	5	1	0	5	5	0
65	C3	4	2	1	3	1	1	3	1	0	10	4	2
65	C4	3	14	1	0	1	0	4	3	1	7	18	2
65	C5	1	0	1	2	1	1	2	2	1	5	3	3
65	C6	8	4	3	5	4	1	2	10	2	15	18	6
Total		16	24	6	14	10	3	21	17	4	51	51	13
80	D1	1	1	0	2	7	1	3	1	0	6	9	1
80	D2	4	3	0	1	1	0	5	1	0	10	5	0
80	D3	2	4	0	4	3	0	2	3	0	8	10	0
80	D4	3	8	1	6	0	0	1	7	1	10	15	2
80	D5	2	0	1	3	1	0	3	1	1	8	2	2
80	D6	6	5	1	2	4	0	3	10	2	11	19	3
Total		18	21	3	18	16	1	17	23	4	53	60	8
95	E1	0	2	0	0	7	0	1	0	0	1	9	0
95	E2	0	5	0	1	1	0	0	1	0	1	7	0
95	E3	1	5	0	0	5	0	0	4	0	1	14	0
95	E4	0	18	1	0	1	0	1	7	0	1	26	1
95	E5	1	0	0	0	1	0	0	3	0	1	4	0

95	E6	1	8	1	0	6	0	2	11	0	3	25	1
Total		3	38	2	1	21	0	4	26	0	8	85	2
110	F1	1	1	0	0	7	0	1	0	0	2	8	0
110	F2	3	4	1	1	1	0	0	1	0	4	6	1
110	F3	1	5	0	0	5	0	0	4	0	1	14	0
110	F4	0	9	0	0	1	0	1	7	0	1	17	0
110	F5	1	0	0	1	1	0	1	3	0	3	4	0
110	F6	2	8	1	0	6	0	1	11	1	3	25	2
Total		8	27	2	2	21	0	4	26	1	14	74	3

* Test: Testemunha; Conv: Convencional; Org: Orgânico; C: ‘Carmen’; T: ‘Thaty’; Blocos A, B, C, D, E e F nas repetições de 1 a 6

4.3 Identificação das espécies virais

Os seguintes begomovirus foram detectados em amostras selecionadas do ensaio 5: *Sida micrantha mosaic virus* (SiMMV), *Tomato chlorotic mottle virus* (ToCMoV), *Tomato rugose mosaic virus* (ToRMV) e *Tomato yellow spot virus* (ToYSV) (Tabela 6). Em duas amostras de plantas invasoras presentes na área experimental identificaram-se *Euphorbia yellow mosaic virus* (EuMV) em *Euphorbia heterophylla*, e ToCMoV em *Sida micrantha*. Portanto, quatro begomovirus ocorreram nos tomateiros. O ToCMoV também ocorreu em uma planta invasora, e o EuMV só ocorreu na invasora.

O genoma bipartido do gênero begomovirus tem de cinco a sete genes distribuídos em dois componentes, DNA-A e DNA-B, necessários para que ocorra a infecção sistêmica nas plantas hospedeiras. Considerando que são regiões muito conservadas a presença de um componente permite supor também a presença do outro detectados em E5 (Tabela 7).

Tabela 7. Identificação das espécies de begomovirus presentes no ensaio 5 (E5).

Hospedeiro	Clones completos			Espécie com maior identidade	Identidade (%)
	Enzima	DNA-A	DNA-B		
Tomateiro (Test* Carm)	<i>Kpn I</i>		X	<i>Sida micrantha mosaic virus</i> (SiMMV)	89
Tomateiro (Test Carm)	<i>BamH I</i>	X		<i>Tomato chlorotic mottle virus</i> (ToCMoV)	98
Tomateiro (Conv Carm)	<i>Apa I</i> , <i>Sac I</i>	X	X	<i>Tomato rugose mosaic virus</i> (ToRMV)	97

Tomateiro (Conv Carm)	<i>Apa I</i>	X	<i>Tomato rugose mosaic virus</i> ToRMV	97
Tomateiro (Test 'Thaty')	<i>Apa I</i>	X	<i>Tomato yellow spot virus</i> (ToYSV)	98
<i>Euphorbia</i> <i>heterophylla</i>	<i>BamH I</i>	X	<i>Euphorbia yellow mosaic virus</i> (EuMV)	97
<i>Sida micrantha</i>	<i>Sac I,</i> <i>Apa I</i>	X	<i>Tomato chlorotic mottle virus</i> ToCMoV	98

*Test: Testemunha; Conv: Convencional;

4.4. Progresso da epidemia (quinto ensaio)

Uma vez quantificadas as plantas positivas para o vírus (Hib), as sintomáticas (Sint) e as plantas em que eram coincidentes a presença do vírus e a sintomatologia (Sco), gráficos foram plotados a partir das médias obtidas com o respectivo erro padrão, demonstrando a curva de progresso da infecção e as relações observadas em cada tratamento.

Os padrões das curvas de progresso para o número de plantas infectadas (Hib) e plantas com sintomas (Sint) foram crescentes em todos os tratamentos até os 80 dap, e decrescentes a partir dos 80 dap, em todos os tratamentos, caindo a níveis inferiores a uma planta infectada dos 95 aos 110 dap (Figura 4). Avaliando-se as plantas com sintomas coincidentes (Sco) nota-se que independentemente do sistema de manejo e dos híbridos o padrão é semelhante, com número inferior a um, exceto no tratamento testemunha - 'Carmen'. O progresso da epidemia nos sistemas foi similar, com base no número de plantas infectadas (Hib) e verifica-se que não houve diferença entre os manejos testemunha, convencional e orgânico. Para o híbrido 'Thaty' o patamar máximo atingido foi de 35% de incidência, enquanto no híbrido 'Carmen' esse patamar atingiu 36% (Figura 4). Em relação ao patamar inferior nota-se para o híbrido 'Thaty' menores incidências da infecção do que para o híbrido 'Carmen', exceção feita no manejo orgânico semelhante nos

dois híbridos. O tratamento testemunha - 'Carmen' registrou as maiores incidências de plantas positivas para o vírus (Hib) e plantas com sintomas coincidentes (Sco) em relação aos demais tratamentos. Outra resposta similar foi registrada entre os tratamentos convencional - 'Carmen' (Figura 4B) e orgânico - 'Thaty' (Figura 4C) para as plantas com infecção e com sintomas coincidentes ao longo de todo o ciclo do tomateiro. Nos híbridos, por exemplo, houve tendência de queda dos 35 para os 50 dap, elevando-se até os 65 dap, apresentando ligeira queda até os 80 dap e caindo bruscamente até os 95 dap, mantendo-se assim até os 110 dap.

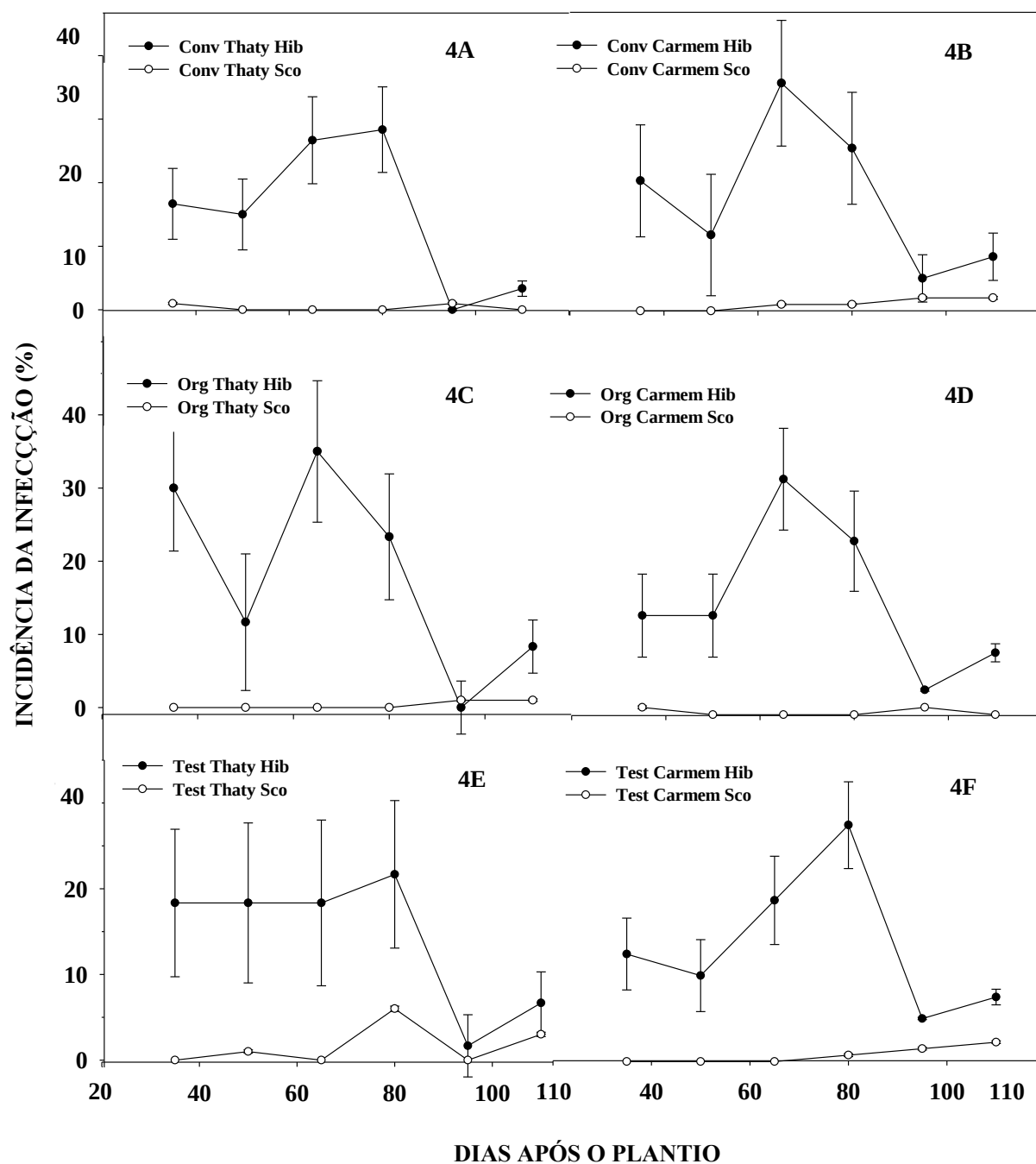


Figura 4. Curvas de progresso da doença baseadas na incidência de plantas com infecção por begomovirus (Hib) e plantas com infecção coincidente com sintomas (Sco), nos tratamentos convencional - ‘Thaty’ (A), convencional - ‘Carmen’ (B), orgânico - ‘Thaty’ (C), orgânico - ‘Carmen’ (D), testemunha - ‘Thaty’ (E) e testemunha - ‘Carmen’ (F), no ensaio 5. As barras verticais representam o erro padrão.

A epidemia foi observada no quinto ensaio (E5) para incidência da infecção aos 65 dap (Y_{65}), aos 80 dap (Y_{80}), o respectivo incremento de cada observação e pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) nas plantas com infecção confirmadas pela hibridização (Hib) comparativamente com as plantas com sintomas coincidentes (Sco) apresentou valores pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) que não diferiram entre os sistemas de manejo e os híbridos. O incremento encontrado indica a inclinação da curva de progresso da doença aos 65 dap (Y_{65}) e aos 80 dap (Y_{80}) e sinaliza o ponto de inflexão da curva, quando esta tende a declinar em todos os tratamentos (Figura 4 e Tabela 8).

Tabela 8. Dinâmica da infecção aos 65 dap (Y_{65}), 80 dap (Y_{80}) com respectivos incrementos (Δ), com base nas variáveis de incidência (%) e área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD), para plantas positivas na detecção de begomovirus por hibridização (Hib) e plantas com sintomas coincidentes (Sco), no quinto ensaio (E5).

Sistema de manejo	Híbrido	Infecção viral (Hib)					Sintoma coincidente (Sco)				
		Y_{65}		Y_{80}		AACPD	Y_{65}		Y_{80}		AACPD
		%	Δ	%	Δ		%	Δ	%	Δ	
Convencional	‘Thaty’	27	+2	29	-29	1225	0	0	0	+1	23
	‘Carmen’	35	-10	25	-20	1425	1	0	1	+1	90
Orgânico	‘Thaty’	35	-9	24	-24	1400	0	0	0	+1	30
	‘Carmen’	32	-8	24	-20	1300	0	0	3	+1	105
Testemunha	‘Thaty’	19	+3	22	-20	1138	0	+6	6	-6	150
	‘Carmen’	25	+9	36	-30	1500	0	+1	1	+1	90

5. DISCUSSÃO

Não se sabe que fatores afetam a predominância de determinadas espécies de begomovirus no campo. Nos anos de 2006 e 2007 foram realizadas observações de plantas sintomáticas para begomovirose e amostras foram coletadas para análises moleculares em laboratório visando estimar a incidência da doença, identificar a(s) espécie(s) viral(is),

estudar a flutuação populacional, o efeito do controle da mosca-branca, a resposta dos híbridos plantados, os sistemas de manejo e as variáveis climáticas na área em estudo.

Dentre os fatores relevantes para determinar a população da mosca-branca pode-se citar o plano de amostragem sequencial. Neste estudo, monitorou-se a população semanalmente dos 35 aos 110 dap, sob a batedura de ponteiros das plantas-alvo (PA) selecionadas e caracterizou-se como amostragem pontual da população, diferentemente do procedimento realizado por (Barbosa, 2007) que capturou os insetos em uma armadilha adesiva, colocada na região central na área amostrada.

Comparando-se os dois procedimentos, depreende-se que, no presente estudo, obteve-se participação mais efetiva do vetor no contato direto com os tomateiros e na epidemia de begomovirus sem interferir no ciclo de vida da população, na quantidade de vetores com potencial virulífero e na capacidade infectiva da mosca-branca.

A captura dos insetos via armadilha adesiva reduz a população infestante, pois determina um controle parcial da população, diminuindo o potencial virulífero e a capacidade infectiva da população. Assim, os insetos mortos na captura deixam de integrar a população, o que pode resultar em erro de amostragem da população nas coletas futuras e interferir diretamente no progresso das begomoviroses. Com o procedimento adotado no presente estudo, os insetos, depois de identificados e contados, eram soltos, repovoavam a cultura, completavam o seu ciclo de vida e podiam determinar novas infecções. Este fato e o controle efetivo da população, quando esta atingiu o nível de ação, contribuíram para estabelecer diferenças ou similaridades entre os sistemas de manejo.

Apesar dos critérios aqui adotados, detectou-se a mosca-branca em todo o período avaliado apenas na forma adulta, com níveis populacionais considerados baixos, o que sugere que a população migrou da vegetação silvestre, no entorno dos ensaios, para a cultura instalada. A ausência de ninfas nas plantas de tomateiro indica que a população não

se estabeleceu, pois não completou o ciclo reprodutivo nas plantas do experimento. Resultados semelhantes foram obtidos por (Villas Bôas, *et al.*, 2003), que em testes de livre escolha, determinou as espécies melhores hospedeiras de mosca-branca biótipo B: amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla* L.), erva-de-Santa-Maria (*Chenopodium ambrosioides* L.), fedegoso (*Senna obtusifolia* (L.), guaxuma-rasteira (*Sida urens* L.), maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.), mentruz (*Lepidium virginicum* L.), perpétua-brava (*Gomphrena celosioides* Mart.), poaia-do-cerrado (*Richardia scabra* L.), o bucho-de-rã (*Physalis angulata* L.), carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidum* DC.), carrapicho-rasteiro [*Acanthospermum australe* (Loefl.) O. Kuntze], cordão-de-frade (*Leonotis nepetaefolia* (L.), fazendeiro-peludo [*Galinsoga ciliata* (Raf.)], gervão-azul [*Stachytarphetta cayenensis* (L.C.Rich) Vahl], quinquilho (*Datura stramonium* L.) e xique-xique (*Crotalaria incana* L.). Dentre essas espécies apenas a poaia-do-cerrado e o bucho-de-rã não foram encontradas nas proximidades da área de cultivo deste estudo. A abundância de bons hospedeiros silvestres no entorno da área experimental pode ter contribuído para a baixa incidência e para o não estabelecimento da população de mosca-branca no tomateiro.

Além do plano de amostragem, outro fator relevante para se alcançar qualidade no monitoramento em programas de manejo é saber qual(is) o(s) folíolo(s) preferido(s) para oviposição, alimentação e refúgio da mosca-branca. Para vários autores, o inseto prefere as folhas mais novas para alimentação e oviposição (Ohnesorge, *et al.*, 1980; Peña, *et al.*, 1993; Simmons, 1994). Características morfológicas das superfícies das folhas, como tricomas, por exemplo, também podem definir a preferência (Berlinger, 1986). Por exemplo, em tomateiros jovens encontrou-se a maior parte dos ovos de *B. tabaci* na primeira folha apical, enquanto em plantas velhas a oviposição ocorreu na sexta folha a partir do ápice (Ohnesorge, *et al.*, 1980).

Ao considerar a média de transmissão de BGMV em feijoeiro entre machos e fêmeas da mosca-branca constatou-se 22,2% relativos aos machos e 44,4% às fêmeas de (Costa, 1976), apresentando a população de fêmeas maior potencial de transmissão.

No presente estudo não foi possível estabelecer correlação da população de adultos da mosca-branca e as variáveis climáticas (temperatura e precipitação), possivelmente devido à baixa infestação presente. Porém, (Silveira and Albert, 2001) descrevem que o ciclo de vida da mosca-branca é de apenas 27 dias a 25°C, chegando até 101 dias a 14°C.

São relatadas como fator repressivo para a população de mosca-branca a umidade relativa variando entre 40% e 60% (Malta, *et al.*, 2005a), condições semelhantes às encontradas no presente estudo.

Em monitoramento da mosca-branca em 14 espécies de mandioca, na região de Campo Mourão (PR), amostraram-se as três folhas apicais, em três plantas vizinhas, nos meses de maio, junho e julho e concluíram que a temperatura nos meses de maio, em torno de 26°C, permitiu maior infestação, enquanto em junho e julho, com temperaturas de 2,4°C e 0,8°C, respectivamente, a atividade e o desenvolvimento dos insetos foi afetado. Os autores concluíram que é necessário monitorar a mosca-branca na mandioca, mesmo a baixas temperaturas (Vítório, *et al.*, 2004).

A maior infestação ocorreu aos 110 dap (última avaliação) do ensaio 5, com níveis superiores àqueles preconizados pelo MIP-TOMATE, sugerindo um aumento da população. Provavelmente, com a homogeneização dos resultados encontrados entre os tratamentos aos 35 dap, neste ensaio, conforme já discutido, pode ter ocorrido a migração dos adultos de plantas superpovoadas para outras menos atrativas inicialmente.

No quinto ensaio, apesar de o nível populacional encontrar-se acima do limite permitido aos 110 dap em todos os tratamentos, não se aplicou inseticida para controlar a mosca-branca por razões técnicas, a saber: (i) coincidir com o final da colheita; (ii) ser

antieconômico; (iii) não recomendável em função do período de carência; (iv) não trazer nenhum benefício à cultura. Contudo 100% da produção foi comprometida, fato para o qual três hipóteses são levantadas: (i) apesar de baixa a população inicial de mosca-branca, esta foi suficiente para determinar infecção precoce pelo vírus e comprometer o processo fisiológico de maturação dos frutos; (ii) com a alta taxa de infestação da mosca-branca, observada aos 110 dap, pode ter sido liberada uma grande quantidade de fitotoxinas pela saliva do inseto, suficientes para afetar o desenvolvimento e a maturação dos frutos; (iii) ambos os efeitos podem ter atuado concomitantemente na maturação dos frutos de tomate.

Inicialmente, considere-se que, mesmo sob baixa pressão de infestação do inseto vetor, tenha ocorrido infecção precoce por begomovirus. Sabe-se que a infecção sistêmica da planta depende não somente da replicação viral na célula inicialmente infectada, mas também da capacidade de o vírus mover-se célula-a-célula até atingir o sistema vascular, de onde é transportado, via floema, para tecidos com demanda por fotoassimilados, denominados tecidos dreno (Sanderfoot and Lazarowitz, 1995) e 1996; (Sanderfoot, *et al.*, 1996; Sanderfoot and Lazarowitz, 1996). Nestas células já totalmente diferenciadas não ocorre síntese de DNA, obrigando os begomovirus a induzir a divisão celular a partir de fatores do hospedeiro para se replicar. Assim os begomovirus devem ser capazes de ativar a transcrição dos genes do hospedeiro envolvidos no processo de síntese de enzimas e outros fatores necessários à replicação de DNA. Essa ativação se dá em parte pela indução do acúmulo de PCNA (*Proliferating Cell Nuclear Antigen*), uma proteína que está associada à síntese de DNA em plantas (Nagar, *et al.*, 1995).

Analogamente, a atividade enzimática é comprometida em mutantes de tomateiro com os genes *rin*, *nor*, *Nr* ou *alc*, reduzindo-se a expressão das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) (Mutschler, *et al.*, 1992). Essas

enzimas, por estarem ligadas à maturação, podem induzir efeitos indesejáveis no sabor, aroma e cor dos frutos de tomate (Resende, *et al.*, 2004).

Considere-se também que as fitotoxinas injetadas durante a alimentação da mosca-branca afetam fisiologicamente os frutos. Sabe-se que essas toxinas comprometem os frutos externamente, causando amadurecimento irregular, e internamente, causando uma descoloração na polpa conhecida como ‘isoporização’, com os frutos os tornando-se esbranquiçados, inodoros e sem sabor. Ambos os efeitos, internos e externos, causam desuniformidade na maturação dos frutos, criando dificuldade de se reconhecer o ponto de colheita e reduzindo a produção (Lourenção e Nagai, 1994). Portanto, caso os três efeitos citados tenham ocorrido neste estudo, há de se considerar que a hipótese da ocorrência concomitante desses efeitos deve ser mais prejudicial do que cada efeito isoladamente, hipótese que justificaria a potencialização das perdas verificadas no quinto ensaio.

Considerando-se o caso específico de Florestal-MG faz-se necessário então recalibrar o MIP-TOMATE estabelecido em 1999 com o nível de ação de um inseto para duas plantas. É fato que no campo torna-se impossível determinar se a mosca-branca está ou não virulífera. É fato também que os sintomas se manifestam depois de a virose ter se estabelecido e depois de o vírus já haver alterado negativamente diversas rotas metabólicas do hospedeiro. Não é prudente assumir nível de ação para se amostrar inseto vetor de virose com a finalidade de evitar a infecção, a menos que se tenha a informação da carga viral presente no vetor para se estabelecer o potencial de inóculo a ser veiculado no hospedeiro. Essa prática poderá ser implementada quando puder se quantificar essas partículas virais e, a partir dessa informação, se estabelecer níveis de ação, níveis de danos econômicos, táticas de controle e estratégias de manejo (do vetor e da infecção viral).

Ao quantificar a carga viral e a resposta nos acessos *L. pimpinellifolium* INRA-Hirsute e LA 1478, sob infecção por TYLCV-DML [RE], inoculados com um número crescente de moscas-brancas virulíferas comparado com plantas inoculadas via porta-enxerto contendo TYLCV-DML [RE], obteve-se, neste último, a incidência da doença de 100% com sintomas graves, independentemente do genótipo. Não foi observada diferença entre os acessos quando quantificados por hibridização. No entanto maior concentração de partículas do vírus foi observada após enxertia (em comparação com a inoculação pelo vetor). O elevado nível de acumulação de DNA, no início da infecção (3,5 DPI) confirmou que o porta-enxerto permitiu maior taxa de inoculação do que via vetor. Além disso, sugere que a resistência parcial em INRA-hirsute não tinha influência sobre o acúmulo do vírus na planta e sugere a presença de mecanismos de resistência ao vetor, que reduzem a transmissão e entrada do vírus nas células vegetais. Estes resultados também mostraram que essa resistência foi ineficiente quando uma quantidade maciça do vírus foi inoculada diretamente no floema, não diferindo a preferência da mosca-branca entre WVA106 e INRA-hirsute, pois nenhum efeito significativo do genótipo foi observado ao longo dos três experimentos, sugerindo que esta resistência parcial pode resultar do comportamento alimentar alterado do vetor em células do floema (Delatte, *et al.*, 2005).

O conhecimento dos sintomas de viroses é importante no pré-diagnóstico e na tomada de decisões. A descrição de muitas viroses baseou-se na sintomatologia por mais de 30 anos (Chaves, 2002). Com o advento de técnicas sorológicas e moleculares, os sintomas podem auxiliar na identificação da doença, mas a sua diagnose demanda o uso de técnicas mais sofisticadas (Cupertino, *et al.*, 1988). Este aspecto é fundamental na diagnose de viroses, principalmente considerando-se os resultados aqui obtidos.

Os sintomas de infecções causadas por begomovirus podem ser semelhantes àqueles induzidos por outros virus como os das famílias *Potyviridae* e *Virgaviridae* (Polston and Anderson, 1997).

Estes sintomas, bem como a sua severidade, variam de acordo com a espécie e isolado viral, a espécie e cultivar hospedeira, o estágio da planta, o tempo após a infecção, o estado nutricional da planta e as condições ambientais ((Barbosa, 2007)). O conhecimento da fenologia da planta hospedeira ou o estágio de desenvolvimento do tomateiro pode determinar suscetibilidade ou tolerância da planta. Os sintomas mais comuns causados por begomoviroses são enrolamento da folha, epinastia, mosaico-dourado, rugoses, cloroses nervais, cloroses internervais, mosqueado e atrofia que resultam em redução da floração, paralisação no crescimento e consequente perda na produção, principalmente se a infecção das plantas ocorrer nos estádios iniciais de desenvolvimento (Ribeiro, *et al.*, 1994; Rezende, *et al.*, 1996)).

Dentre os sintomas observados neste estudo e causados pelas diferentes espécies de begomovirus que infectam tomateiro no Brasil destacam-se: (i) mosaico amarelo e distorção foliar (ToYSV); (ii) mosaico e rugosidade foliar (ToRMV); (iii) mosaico e amarelecimento (ToCMoV); (iv) mosaico e distorção foliar severos em infecção mista por ToRMV e ToCMoV.

O surgimento de novos begomovirus em tomateiro no Brasil pode estar relacionado à presença do biótipo B de *B. tabaci*, que, colonizando plantas silvestres e daninhas, transmitiria virus nativos para o tomateiro (Zerbini, *et al.*, 2005), como observado com o *Sida micrantha mosaic virus* (SiMMV), neste estudo.

Condições semelhantes à deste experimento, com maior concentração de plantas doentes nas delimitações das parcelas estudadas, foram encontradas em Sumaré, SP. Plantas infectadas ocorreram na periferia do experimento sugerindo uma fonte de inóculo

externa, introduzida na área de cultivo de fora para dentro por meio de moscas-brancas virulíferas. Os experimentos foram conduzidos a campo e em estufas. Neste caso o autor sugere a quantificação da concentração de partículas virais nos vetores ((Barbosa, 2007)). Sugestões como esta poderiam ser estendidas para a quantificação de partículas virais também no tomateiro, a fim de melhor se entender a relação vírus-vetor-hospedeiro e melhor balizar sistemas de monitoramento e determinação de níveis de controle e de danos em programas de manejo do vetor e da doença.

Essa tendência de ocorrência dos sintomas a campo evoluir dos bordos para o centro do ensaio segue o padrão já descrito para a mosca-branca (Malta, *et al.*, 2005a). No ensaio cinco, o fato de a população da mosca-branca ter sido baixa e o número de plantas positivas para o vírus, via hibridização, ter sido alto, sugere que a maioria dos indivíduos encontrava-se virulífero, levando a sintomas mais conspícuos nas plantas dos bordos que naquelas plantas do interior da área experimental. As plantas das parcelas centrais, apesar de positivas na detecção molecular do vírus, permaneceram assintomáticas, e os sintomas apareceram em algumas plantas apenas nas três últimas avaliações (80, 95 e 110 dap).

A maior evidência de sintomas nas parcelas periféricas do ensaio, desde o início das avaliações, sugere tendência relativa à direção predominante dos ventos nordeste. Em vista dessa tendência sugere-se que: (i) na periferia da área experimental, por onde o inseto foi introduzido, houve maior contato deste com os tomateiros; (ii) apesar da baixa população de moscas-brancas registradas desde o início do ensaio, estas, possivelmente apresentavam alto potencial virulífero; (iii) não foi apenas a presença ou a quantidade de insetos vetores na área o fator determinante à infecção, mas a presença do vetor virulífero e com potencial para inocular o vírus; (iv) a concentração de partículas virais deve ter sido maior nos bordos do que no interior da área em função da primeira alimentação do vetor, durante os períodos de acesso para aquisição (PAA) e transmissão (PAT) do vírus; (v) como a maior

ocorrência das infecções foram observadas na periferia da área experimental, isso pode ter contribuído, também, para a maior diversidade dos begomovirus, que também foram detectados em plantas da periferia da área experimental (Tabela 6, pg 41).

Este fato parece bem caracterizado pelo aumento do número de plantas com sintomas que se tornaram perceptíveis somente a partir da segunda amostragem, aos 50 dap. Inicialmente nestas parcelas periféricas do ensaio, possivelmente devido à grande pressão de inóculo verificada durante a chegada do vetor e sua introdução na área.

Ao se avaliar o efeito crescente de vetores virulíferos sobre a incidência, severidade da doença e o conteúdo de vírus, em dois híbridos de tomate, um suscetível e outro resistente ao TYLCV, observou-se que a resistência parcial oferecida por um dos híbridos foi superada pela intensa pressão de infestação e inoculação do vírus. Isto se deu quando mais de cinco moscas-brancas virulíferas alimentaram-se de uma única planta de tomate por 96 horas (Delatte, 2005). Depreende-se deste fato que, além do número de vetores virulíferos, o tempo de exposição da planta deve ser considerado, o que possivelmente tornou as plantas da periferia da área mais vulneráveis nas condições deste ensaio.

Considerando-se, no ensaio 5, a detecção positiva dos vírus já aos 35 dap e ser o período de incubação de begomovirus de 15 a 21 dias, sugere-se que a virose relacionada não teve, no presente estudo, a correspondência esperada aos 50 dap. O sintoma normalmente esperado depois do referido período apresentou baixa coincidência entre a detecção molecular e aquela baseada nos sintomas, o que sugere não haver relação direta entre a presença do vírus na planta e a manifestação de sintoma(s). Portanto, sugere-se que a ocorrência de sintoma é resultado do aumento da concentração de partículas virais no tomateiro, em consequência ou da alimentação de diversas moscas-brancas infectivas na mesma planta, ou da replicação sucessiva do vírus nos tecidos infectados.

Deve-se questionar a validade de resultados baseados apenas na observação de sintomas, pois nem sempre plantas consideradas infectadas com base em sintomas o foram por meio de hibridização e vice-versa. Sugere-se que: (i) a elevada sensibilidade do método de hibridização molecular permite detectar o vírus nas plantas precocemente, antes mesmo de qualquer sintoma ser evidente; (ii) apesar de o número de plantas sintomáticas ter sido maior que o de plantas confirmadas como infectadas pela hibridização, houve concordância em alguns casos em todo o ciclo cultural (Tabela 3), sugerindo que a ocorrência de sintomas pode ser mascarada por vários fatores, como a alta taxa de crescimento vegetativo do tomateiro, por exemplo; (iii) pela hibridização, pôde-se detectar, neste ensaio, maior uniformidade e distribuição do vírus, desde o início do processo infeccioso, do que pela observação dos sintomas; (iv) o vírus pode ter se estabelecido e infectado sistemicamente causando sintomas como deformações de caráter irreversível; (v) esses sintomas permaneceram nas plantas mesmo após a redução da concentração viral nos tecidos, com resultados negativos da hibridização.

Os sintomas ocorreram com maior intensidade e foram mais perceptivos que os resultados obtidos pela hibridização após os 65 e 80 dap no ensaio 5, e novamente houve inconsistência entre os sintomas no campo e a detecção molecular. Este fato evidencia ser inadequado adotar-se os sintomas para estudar a dinâmica da doença em tomateiro, pois quando os sintomas chegam a ser perceptíveis diversos processos metabólicos já podem ter sido afetados e estarem comprometendo o metabolismo do tomateiro. Dessa forma, deve-se implementar ações para minimizar a infecção por begomovirus antes que qualquer sintoma apareça, contribuindo-se para minimizar danos no hospedeiro, sendo assim imprescindível o uso de um teste molecular para a detecção viral.

Florestal localiza-se numa zona de transição de mata e cerrado, o que pode implicar numa grande biodiversidade, pois a mata e o cerrado são dois biomas distintos e ricos.

Outra condição que também pode levar à diversidade genética da população de begomovirus, na região em estudo, é a presença de plantas silvestres da família *Solanaceae*. Esta família é uma das maiores e mais complexas dentre as angiospermas, com 92 gêneros e cerca de 2.300 espécies, sendo a América do sul um dos principais centros de diversidade e endemismo (Hunziker, 2001). Na região de Florestal encontram-se diversas espécies desta família, tanto espontaneamente quanto cultivadas, tais como a maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.), a fruta-de-sabiá (*Acnistus arboreus*), a lobeira (*Solanum lycocarpum*), o fumo (*Nicotiana tabacum*), a berinjela, o jiló, diversas pimentas e o pimentões, constituintes da dieta alimentar local e componentes do rol de hortaliças que chegam à CEASAMINAS, distante apenas 35 km. Outras plantas consideradas daninhas, como amendoim-bravo, erva-de-Santa-Maria, guanxuma-rasteira, mentruz, perpétua-brava, poaia-do-cerrado, bucho-de-rã, carrapicho-de-carneiro, carrapicho-rasteiro, cordão-de-frade, fazendeiro-peludo, gervão-azul, quinquilho e o xique-xique, apesar de serem de famílias diferentes, também se constituem hospedeiras de begomovirus e são consideradas excelentes hospedeiras também da mosca-branca.

A tendência de evolução da doença dos bordos para o centro da área experimental, verificada anteriormente na chegada do inseto vetor na área experimental, é confirmada pela detecção positiva de virus quando se avalia o tratamento testemunha - ‘Thaty’, situado no interior do ensaio ou na posição oposta à predominância dos ventos. Este fato é corroborado pela menor AACPD entre os manejos e as cultivares.

Dentre os tratamentos, a maior AACPD foi observada no manejo orgânico com o híbrido ‘Thaty’, aos 35 dap. Entretanto o híbrido ‘Carmen’ apresentou a maior AACPD, superando todos os demais tratamentos com a maior ocorrência da infecção. Este resultado indica tendência do híbrido ‘Carmen’ e do sistema de manejo orgânico influenciar

favoravelmente no progresso da epidemia e não diferiram do híbrido ‘Thaty’ e dos outros sistemas de manejo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Comparando-se os dois híbridos fica claro que ‘Carmen’ teve infecção inicialmente inferior em relação à ‘Thaty’. Este fato sugere que, nas mudas, a infecção encontrou condições similares para estabelecimento por ocasião do transplante até a primeira coleta e avaliação, realizada cinco dias após, porém o híbrido ‘Thaty’ ofereceu maior tolerância ao estabelecimento da infecção apresentando menor AACPD nos manejos. Neste estudo a discrepância dos resultados não permitiu o ajuste de modelos que tendessem para uma descrição, mesmo que aproximada da doença, estabelecida pelo assincronismo das variáveis respostas da cultura e dos parâmetros epidemiológicos descritores para o ajuste.

6. CONCLUSÕES

- (i) Florestal apresenta grande diversidade de espécies de begomovirus sendo encontrados no quinto ensaio: a) no tomateiro: *Sida micrantha mosaic virus* (SiMMV), *Tomato chlorotic mottle virus* (ToCMoV), *Tomato rugose mosaic virus* (ToRMV) e *Tomato yellow spot virus* (ToYSV); b) em plantas silvestres presentes na área experimental: *Euphorbia yellow mosaic virus* (EuMV) em *Euphorbia heterophylla*, o ToCMoV em *Sida micrantha*.
- (ii) Sintomas de begomoviroses em tomateiro não constitui numa referência confiável para aferir a incidência da doença em tomateiro.
- (iii) Estudos de progresso de begomoviroses devem ser conduzidos com monitoramento do vetor no hospedeiro-alvo em ensaios com distribuição espacial pré-estabelecida, utilizando-se de ferramentas moleculares para detecção, e de preferência, com quantificação das partículas virais ao longo do ciclo da cultura em estudo;

- (iv) A infecção por begomovirus do tomateiro constitui possibilidade de perdas consideráveis na produção de tomates quando ocorre nas fases de floração e frutificação do tomateiro, aos 65 e 80 dap, nos cultivares e nos sistema de manejo de controle do vetor estudados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alabi, O.J., Kumar, P.L. e Naidu, R.A. Multiplex PCR for the detection of African cassava mosaic virus and East African cassava mosaic Cameroon virus in cassava. *Journal of Virological Methods*, v. 154, p. 111-120. 2008.
- Albuquerque, L.C., Martin, D.P., Avila, A.C. e Inoue-Nagata, A.K. Characterization of tomato yellow vein streak virus, a begomovirus from Brazil. *Virus Genes*, v. 40, p. 140-147. 2010.
- Ambrozevicius, L.P., Calegario, R.F., Fontes, E.P.B., Carvalho, M.G. e Zerbini, F.M. Genetic diversity of begomoviruses infecting tomato and associated weeds in Southeastern Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, p. 372-377. 2002.
- Andrade, E.C., Ambrozevicius, L.P., Calegario, R.F., Fontes, E.P.B. e Zerbini, F.M. Molecular cloning and characterization of *Tomato chlorotic mottle virus* (TCMV), a new tomato-infecting begomovirus. *Virus Reviews and Research*, v. 7, p. 153. 2002.
- Andrade, E.C., Manhani, G.G., Alfenas, P.F., Calegario, R.F., Fontes, E.P.B. e Zerbini, F.M. *Tomato yellow spot virus*, a tomato-infecting begomovirus from Brazil with a closer relationship to viruses from *Sida* sp., forms pseudorecombinants with begomoviruses from tomato but not from *Sida*. *Journal of General Virology*, v. 87, p. 3687-3696. 2006.
- Argüello-Astorga, G., Herrera-Estrella, L. e Rivera-Bustamante, R. Experimental and theoretical definition of geminivirus origin of replication. *Plant Molecular Biology*, v. 26, p. 553-556. 1994.
- Atkinson, D. e Mckinlay, R.G. Crop protection in sustainable farming systems and BCPC Symposium Proceedings, 63. Integrated crop protection: towards sustainability. Farnham: British: Crop Protection Council, 1995. 483-488 p.
- Bedford, I.D., Briddon, R.W., Brown, J.K., Rosell, R.C. e Markham, P.G. Geminivirus transmission and biological characterization of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographical regions. *Annals of Applied Biology*, v. 125, p. 311-325. 1994.

- Bergamin Filho, A., Lopes, D.B., Amorim, L., Godoy, C.V. e Berger, R.D. Avaliação de danos causados pelas doenças de plantas. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v. 3, p. 133-184. 1995.
- Bettiol, W. Conversão de sistemas de produção: uma visão global. Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica. Viçosa, MG: EPAMIG; ZM. , 2010. 232 p.
- Bezerra, I.C., Lima, M.F., Ribeiro, S.G., Giordano, L.B., Zerbini, F.M. e Ávila, A.C. Occurrence of geminivirus in tomato-producing areas in Submédio São Francisco. Fitopatologia Brasileira, v. 22, p. 331. 1997.
- Bezerra, I.C., Ribeiro, S.G., Ávila, A.C. e Giordano, L.B. Survey of geminivirus infection in tomato producing areas in Federal District. VIII Encontro Nacional de Virologia. São Lourenço, MG, 1996. 289 p.
- Bonfim, K., Faria, J.C., Nogueira, E.O., Mendes, E.A. e Aragao, F.J. RNAi-mediated resistance to Bean golden mosaic virus in genetically engineered common bean (*Phaseolus vulgaris*). Mol Plant Microbe Interact, v. 20, p. 717-726. 2007.
- Briddon, R.W. Cotton leaf curl disease, a multicomponent begomovirus complex. Molecular Plant Pathology, v. 4, p. 427-434. 2003.
- Briddon, R.W., Brown, J.K., Moriones, E., Stanley, J., Zerbini, M., Zhou, X. e Fauquet, C.M. Recommendations for the classification and nomenclature of the DNA-beta satellites of begomoviruses. Archives of Virology, v. 153, p. 763-781. 2008.
- Briddon, R.W., Pinner, M.S., Stanley, J. e Markham, P.G. Geminivirus coat protein gene replacement alters insect specificity. Virology, v. 177, p. 85-94. 1990.
- Brown, J.K., Coats, S., Frohlich, D.R., Bedford, I.D. e Markham, P.G. Characterization and distribution of esterase electromorphs in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). Biochemistry and Genetics, v. 33, p. 205-214. 1995a.
- Brown, J.K., Frohlich, D.R. e Rosell, R.C. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex ? Annual Review of Entomology, v. 40, p. 511-534. 1995b.
- Calegario, R.F., Ferreira, S.S., Andrade, E.C. e Zerbini, F.M. Characterization of *Tomato yellow spot virus*, (ToYSV), a novel tomato-infecting begomovirus from Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, p. 1335-1343. 2007.
- Campbell, C.L. e Madden, L.V. Introduction to plant disease epidemiology. New York: John Wiley & Sons. 1990. 532 p.
- Carvalho, C.M., Fontenelle, M.R., Florentino, L.H., Santos, A.A., Zerbini, F.M. e Fontes, E.P.B. A novel nucleocytoplasmic traffic GTPase identified as a functional target of the bipartite geminivirus nuclear shuttle protein. Plant Journal, v. 55, p. 869-880. 2008.
- Cassino, P.C.R., Perruso, J.C. e Rodrigues, R. Manejo agronômico sustentável, estratégia eficaz para o desenvolvimento agrícola. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17 e ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 8., Rio de Janeiro: Sociedade Entomológica do Brasil, 1998. 449 p.

- Castillo-Urquiza, G.P. Diversidade e estrutura genética de begomovirus em duas regiões produtoras de tomate do Sudeste do Brasil. (Tese D.S.). Dep. de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008. 107 p.
- Castillo-Urquiza, G.P., Beserra Jr., J.E.A., Bruckner, F.P., Lima, A.T.M., Varsani, A., Alfenas-Zerbini, P. e Zerbini, F.M. Six novel begomoviruses infecting tomato and associated weeds in Southeastern Brazil. *Archives of Virology*, v. 153, p. 1985-1989. 2008.
- Castillo-Urquiza, G.P., Beserra Junior, J.E.A., Alfenas-Zerbini, P., Varsani, A., Lima, A.T.M., Barros, D.R. e Zerbini, F.M. Genetic diversity of begomoviruses infecting tomato in Paty do Alferes, Rio de Janeiro state, Brazil. *Virus Reviews and Research*, v. 12, p. 233. 2007.
- Ceasa-Bh. Conjuntura da tomaticultura no estado de Minas Gerais. Acesso em
- Chakraborty, S., Vanitharani, R., Chattopadhyay, B. e Fauquet, C.M. Supervirulent pseudorecombination and asymmetric synergism between genomic components of two distinct species of begomovirus associated with severe tomato leaf curl disease in India. *Journal of General Virology*, v. 89, p. 818-828. 2008.
- Chilakamarthi, U., Mukherjee, S.K. e Deb, J.K. Intervention of geminiviral replication in yeast by ribozyme mediated downregulation of its Rep protein. *FEBS Lett*, v. 581, p. 2675-2683. 2007.
- Chirinos, D.T., Guerere, P., Geraud-Pouey, F., Romy, G., Santana, M.A. e Bastidas, L. Experimental transmission of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) by *Bemisia tabaci* (Aleyrodidae) to solanaceas. *Revista Colombiana De Entomologia*, v. 35, p. 22-27. 2009.
- Costa, A.S. Increase in the populational density of *Bemisia tabaci*, a threat to widespread virus infection of legume crops in Brazil. In: Bird, J. e Maramorosch, K. (Ed.). *Tropical Diseases of Legumes*. New York: Academic Press, v., 1975. p. 171.
- Cotrim, M.A., Krause-Sakate, R., Narita, N., Zerbini, F.M. e Pavan, M.A. Diversidade genética de begomovirus em cultivos de tomateiro no Centro-Oeste Paulista. *Summa Phytopathologica*, v. 33, p. 300-303. 2007.
- Currence, T.M. Species, origin and botanical characters. In: *Pflanzenzüchtung*, H.D. (Ed.). *Tomato breeding*, v. 2, 1963. p. 351-369.
- Della Vecchia, M.G.S., Rosa, D.D., Bergamin Filho, A., Amorim, L., Rezende, J.A.M. e Ribeiro, A. Dinâmica temporal e espacial da begomovirose causada por Tomato yellow vein streak virus em tomateiro na região de Campinas-SP. *Summa Phytopathologica*, v. 33, p. 388-396. 2007.
- Dellaporta, S.L., Wood, J. e Hicks, J.B. A plant DNA miniprep: Version II. *Plant Molecular Biology Reporter*, v. 1, p. 19-21. 1983.
- Fao-Faostat. Database Results. Acesso em

- Faria, J.C., Souza-Dias, J.A.C., Slack, S. e Maxwell, D.P. A new geminivirus associated with tomato in the State of São Paulo, Brazil. *Plant Disease*, v. 81, p. 423. 1997.
- Fauquet, C.M., Briddon, R.W., Brown, J.K., Moriones, E., Stanley, J., Zerbini, F.M. e Zhou, X. Geminivirus strain demarcation and nomenclature. *Archives of Virology*, v. 153, p. 783-821. 2008.
- Fazeli, R., Heydarnejad, J., Massumi, H., Shaabani, M. e Varsani, A. Genetic diversity and distribution of tomato-infecting begomoviruses in Iran. *Virus Genes*, v. 38, p. 2009.
- Fernandes, F.R., Albuquerque, L.C., Giordano, L.B., Boiteux, L.S., Ávila, A.C. e Inoue-Nagata, A.K. Diversity and prevalence of Brazilian bipartite begomovirus species associated to tomatoes. *Virus Genes*, v. 36, p. 251-258. 2008.
- Fernandes, J.J., Carvalho, M.G., Andrade, E.C., Brommonschenkel, S.H., Fontes, E.P.B. e Zerbini, F.M. Biological and molecular properties of *Tomato rugose mosaic virus* (ToRMV), a new tomato-infecting begomovirus from Brazil. *Plant Pathology*, v. 55, p. 513-522. 2006.
- Ferreira, S.S., Barros, D.R., De Almeida, M.R. e Zerbini, F.M. Characterization of Passionfruit severe leaf distortion virus, a novel begomovirus infecting passionfruit in Brazil, reveals a close relationship with tomato-infecting begomoviruses. *Plant pathology*, v. 59, p. 2. 2010.
- Filgueira, F.A.R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção de hortaliças. Viçosa: UFV. 2000. 309-313 p.
- Filgueira, F.A.R. Novo manual de olericultura -Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 2008. 421 p.
- Fontes, E.P.B., Eagle, P.A., Sipe, P.S., Luckow, V.A. e Hanley-Bowdoin, L. Interaction between a geminivirus replication protein and origin DNA is essential for viral replication. *Journal of Biological Chemistry*, v. 269, p. 8459-8465. 1994.
- Fontes, E.P.B., Luckow, V.A. e Hanley-Bowdoin, L. A geminivirus replication protein is a sequence-specific DNA binding protein. *Plant Cell*, v. 4, p. 597-608. 1992.
- Fontes, E.P.B., Santos, A.A., Luz, D.F., Waclawovsky, A.J. e Chory, J. The geminivirus nuclear shuttle protein is a virulence factor that suppresses transmembrane receptor kinase activity. *Genes & Development*, v. 18, p. 2545-2556. 2004.
- França, F.H. Considerações sobre um programa de manejo integrado de pragas de hortaliças no Brasil. I CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, E 24 REUNIÃO LATINO-AMERICANA EM OLERICULTURA. Jaboticabal, 1984. 104-128 p.
- França, F.H., Villas-Boas, G.L. e Castelo-Branco, M. Ocorrência de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera:Aleyrodidae) no Distrito Federal. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 25, p. 369-372. 1996.
- Galvão, R.M., Fernandes, A.V., Almeida, J.D., Alfenas, P.F., Andrade, E.C. e Fontes, E.P.B. Molecular characterization of two new tomato-infecting geminiviruses and the

- Sida*-infecting geminiviruses complex from Brazil. International Workshop on Bemisia and Geminiviral diseases. San Juan - Puerto Rico, 1998. L-93 p.
- Galvão, R.M., Mariano, A.C., Luz, D.F., Alfenas, P.F., Andrade, E.C., Zerbini, F.M., Almeida, M.R. e Fontes, E.P.B. A naturally occurring recombinant DNA-A of a typical bipartite begomovirus does not require the cognate DNA-B to infect *Nicotiana benthamiana* systemically. *Journal of General Virology*, v. 84, p. 715-726. 2003.
- Garcia-Andres, S., Accotto, G.P., Navas-Castillo, J. e Moriones, E. Founder effect, plant host, and recombination shape the emergent population of begomoviruses that cause the tomato yellow leaf curl disease in the Mediterranean basin. *Virology*, v. 359, p. 302-312. 2007.
- Garrett, K.A., Hulbert, S.H., Leach, J.E. e Travers, S.E. Ecological genomics and epidemiology. *European Journal of Plant Pathology*, v. 115, p. 35-51. 2006.
- Guimarães, P.T.G., Ribeiro, A.C. e Alvarez, V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. VIÇOSA-MG: Produção independente. 1999. 359 p. (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO)
- Gutierrez, C. Geminivirus DNA replication. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v. 56, p. 313-329. 1999.
- Haji, F.N.P., Lima, M.F. e J.A., A. Histórico sobre mosca-branca no Brasil. Taller Latino Americano y del Caribe sobre Mosca-blanca y Geminivirus. Santo Domingo: Memória. 6: 5-8 p. 1997.
- Hanley-Bowdoin, L., Settlage, S.B., Orozco, B.M., Nagar, S. e Robertson, D. Geminiviruses: Models for plant DNA replication, transcription, and cell cycle regulation. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 18, p. 71-106. 1999.
- Harrison, B.D. Advances in geminivirus research. *Annual Review of Phytopathology*, v. 23, p. 55-82. 1985.
- Harrison, B.D. e Robinson, D.J. Natural genomic and antigenic variation in white-fly transmitted geminiviruses (begomoviruses). *Annual Review of Phytopathology*, v. 39, p. 369-398. 1999.
- Hill, J.E., Strandberg, J.O., Hiebert, E. e Lazarowitz, S.G. Asymmetric infectivity of pseudorecombinants of cabbage leaf curl virus and squash leaf curl virus: Implications for bipartite geminivirus evolution and movement. *Virology*, v. 250, p. 283-292. 1998.
- Hofer, P., Bedford, I.D., Markham, P.G., Jeske, H. e Frischmuth, T. Coat protein gene replacement results in whitefly transmission of an insect nontransmissible geminivirus isolate. *Virology*, v. 236, p. 288-295. 1997.
- Hogenhout, S.A., Ammar, E.D., Whitfield, A.E. e Redinbaugh, M.G. Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annual Review of Phytopathology*, v. 46, p. 327-359. 2008.

- Hou, Y.M. e Gilbertson, R.L. Increased pathogenicity in a pseudorecombinant bipartite geminivirus correlates with intermolecular recombination. *Journal of Virology*, v. 70, p. 5430-5436. 1996.
- Inoue-Nagata, A.K., Albuquerque, L.C., Rocha, W.B. e Nagata, T. A simple method for cloning the complete begomovirus genome using the bacteriophage phi 29 DNA polymerase. *Journal of Virological Methods*, v. 116, p. 209-211. 2004.
- Ioannou, N. Cultural management of tomato yellow leaf curl disease in Cyprus. *Plant Pathology*, v. 36, p. 367-373. 1987.
- Ji, Y.F., Scott, J.W. e Schuster, D.J. Toward Fine Mapping of the Tomato Yellow Leaf Curl Virus Resistance Gene Ty-2 on Chromosome 11 of Tomato. *Hortscience*, v. 44, p. 614-618. 2009.
- Kittelman, K., Rau, P., Gronenborn, B. e Jeske, H. Plant Geminivirus Rep Protein Induces Rereplication in Fission Yeast. *Journal of Virology*, v. 83, p. 6769-6778. 2009.
- Kross, R.K., Cavalcanti Marta, M.E.R.M. e Braga, E.M. Influência da epiderme do tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) na transferência de massa durante o tratamento osmótico. Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos (SLACA), 4. Campinas: UNICAMP, 2001. p.
- Lapidot, M. e Friedmann, M. Breeding for resistance to whitefly-transmitted geminiviruses. *Annals of Applied Biology*, v. 140, p. 109-127. 2002.
- Laufs, J., Schumacher, S., Geisler, N., Jupin, I. e Gronenborn, B. Identification of the nicking tyrosine of geminivirus Rep protein. *FEBS Lett*, v. 377, p. 258-262. 1995.
- Lazarowitz, S.G. Geminiviruses: Genome structure and gene function. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 11, p. 327-349. 1992.
- Lima, A.T.M. Caracterização de dois begomovirus (*Tomato severe rugose virus* e *Tomato yellow vein streak virus*) que infectam tomateiro e obtenção de clones infecciosos. Depto de Fitopatologia - UFV, UFV, Viçosa-MG, 2008. 86 p.
- Lourenção, A.L. e Nagai, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 53, p. 53-59. 1994.
- Lucas, W.J. Plant viral movement proteins: Agents for cell-to-cell trafficking of viral genomes. *Virology*, v. 344, p. 169-184. 2006.
- Makishima, N. Situação atual da produção de tomate no Brasil. In: Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de tomate. Jaboticabal, 8 a 11 de outubro de 1991. Jaboticabal, 1991. 1-19. p.
- Malta, A.W.O. Flutuação populacional e calibração de níveis de ação para o manejo integrado de pragas do tomateiro na Meso-região metropolitana de Belo Horizonte. (Tese MS). Dep. de Fitossanidade, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999. 91 p.

- Malta, A.W.O., Rodrigues, E.J.R., Gonçalves, N.P., Reis, P.R., Silva, R.A. e Calil, A.C.P. Flutuação populacional das principais pragas transmissoras de viroses no tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) na Meso-região metropolitana de Belo Horizonte. 45º Congresso Brasileiro de Olericultura. Fortaleza, CE: Sociedade Brasileira de Olericultura, 2005a. p.
- Malta, A.W.O., Rodrigues, E.J.R., Gonçalves, N.P., Reis, P.R., Silva, R.A., Del Giudice, M.P. e Calil, A.C.P. Calibração de níveis de ação para o manejo integrado de insetos vetores de viroses do tomateiro na Meso-região metropolitana de Belo Horizonte. 45º Congresso Brasileiro de Olericultura. Fortaleza, CE: Sociedade Brasileira de Olericultura, 2005b. p.
- Mansoor, S., Briddon, R.W., Zafar, Y. e Stanley, J. Geminivirus disease complexes: An emerging threat. *Trends Plant Sci*, v. 8, p. 128-134. 2003.
- Mason, G., Rancati, M. e Bosco, D. The effect of thiamethoxam, a second generation neonicotinoid insecticide, in preventing transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV) by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Crop Protection*, v. 19, p. 473-479. 2000.
- Matsubara, W.I. Controle químico das pragas de hortaliças. *Manejo Integrado de Pragas*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 287-297 p.
- Matyis, J.C., Silva, D.M., Oliveira, A.R. e Costa, A.S. Purificação e morfologia do vírus do mosaico dourado do tomateiro. *Summa Phytopathologica*, v. 1, p. 267-275. 1975.
- Melo, P.C.T. Mosca-branca ameaça produção de hortaliças. Campinas, SP, Brazil: Asgrow do Brasil Sementes Ltda., Technical Bulletin 1992.
- Monci, F., Sanchez-Campos, S., Navas-Castillo, J. e Moriones, E. A natural recombinant between the geminiviruses *Tomato yellow leaf curl Sardinia virus* and *Tomato yellow leaf curl virus* exhibits a novel pathogenic phenotype and is becoming prevalent in Spanish populations. *Virology*, v. 303, p. 317-326. 2002.
- Morales, F.J. e Jones, P.G. The ecology and epidemiology of whitefly-transmitted viruses in Latin America. *Virus Research*, v. 100, p. 57-65. 2004.
- Noueiry, A.O., Lucas, W.J. e Gilbertson, R.L. Two proteins of a plant DNA virus coordinate nuclear and plasmodesmal transport. *Cell*, v. 76, p. 925-932. 1994.
- Orozco, B.M. e Hanley-Bowdoin, L. A DNA structure is required for geminivirus replication origin function. *J Virol*, v. 70, p. 148-158. 1996.
- Orozco, B.M. e Hanley-Bowdoin, L. Conserved sequence and structural motifs contribute to the DNA binding and cleavage activities of a geminivirus replication protein. *Journal of Biological Chemistry*, v. 273, p. 24448-24456. 1998.
- Orozco, B.M., Miller, A.B., Settlage, S.B. e Hanley-Bowdoin, L. Functional domains of a geminivirus replication protein. *J Biol Chem*, v. 272, p. 9840-9846. 1997.
- Paula Júnior, T.J., Venzon, M., Teixeira, H. e Pallini, A. Práticas ecológicas no manejo fitossanitário. *Informe Agropecuário: EPAMIG*. 30: 51-57 p. 2009.

- Pita, J.S., Fondong, V.N., Sangare, A., Otim-Nape, G.W., Ogwal, S. e Fauquet, C.M. Recombination, pseudorecombination and synergism of geminiviruses are determinant keys to the epidemic of severe cassava mosaic disease in Uganda. *Journal of General Virology*, v. 82, p. 655-665. 2001.
- Polston, J.E. e Anderson, P.K. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the western hemisphere. *Plant Disease*, v. 81, p. 1358-1369. 1997.
- Ramos, P.L., Guevara-Gonzalez, R.G., Peral, R., Ascencio-Ibanez, J.T., Polston, J.E., Arguello-Astorga, G.R., Vega-Arreguin, J.C. e Rivera-Bustamante, R.F. Tomato mottle Taino virus pseudorecombines with PYMV but not with ToMoV: Implications for the delimitation of cis- and trans-acting replication specificity determinants. *Archives of Virology*, v. 148, p. 1697-1712. 2003.
- Raven, P.H., Evert, R.F. e Eichhorn, S.E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro. 2007. 752 p.
- Resende, R.O. e Cupertino, F.P. Doenças causadas por virus em tomateiro. *Informe Agropecuário*, v. 18, p. 19-27. 1996.
- Rezende, E.A., Filgueira, F.A.R., Zerbini, F.M., Maciel-Zambolim, E., Fernandes, J.J. e Gilbertson, R.L. Tomato infected with geminivirus in greenhouse conditions at Uberlândia-MG, Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 21, p. 424. 1996.
- Ribeiro, S.G., Ambrozevicius, L.P., Ávila, A.C., Bezerra, I.C., Calegario, R.F., Fernandes, J.J., Lima, M.F., Mello, R.N., Rocha, H. e Zerbini, F.M. Distribution and genetic diversity of tomato-infecting begomoviruses in Brazil. *Archives of Virology*, v. 148, p. 281-295. 2003.
- Ribeiro, S.G., Bezerra, I.C., Lima, M.F., Ávila, A.C. e Giordano, L.B. Occurrence of geminivirus in tomato plants in Bahia. VIII Encontro Nacional de Virologia (Resumos). São Lourenço, MG: SBV, 1996. 290 p.
- Ribeiro, S.G., Martin, D.P., Lacorte, C., Simões, I.C., Orlandini, D.R.S. e Inoue-Nagata, A.K. Molecular and biological characterization of *Tomato chlorotic mottle virus* suggests that recombination underlies the evolution and diversity of Brazilian tomato begomoviruses. *Phytopathology*, v. 97, p. 702-711. 2007.
- Ribeiro, S.G., Mello, L.V., Boiteux, L.S., Kitajima, E.W. e Faria, J.C. Tomato infection by a geminivirus in the Federal District, Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 19, p. 330. 1994.
- Rodriguez-Negrete, E.A., Carrillo-Tripp, J. e Rivera-Bustamante, R.F. RNA Silencing against Geminivirus: Complementary Action of Posttranscriptional Gene Silencing and Transcriptional Gene Silencing in Host Recovery. *Journal of Virology*, v. 83, p. 1332-1340. 2009.
- Rojas, A., Kvarnheden, A., Marcenaro, D. e Valkonen, J.P.T. Sequence characterization of Tomato leaf curl Sinaloa virus and Tomato severe leaf curl virus: Phylogeny of New World begomoviruses and detection of recombination. *Archives of Virology*, v. 150, p. 1281-1299. 2005a.

- Rojas, M.R., Hagen, C., Lucas, W.J. e Gilbertson, R.L. Exploiting chinks in the plant's armor: Evolution and emergence of geminiviruses. *Annual Review of Phytopathology*, v. 43, p. 361-394. 2005b.
- Rojas, M.R., Jiang, H., Salati, R., Xoconostle-Cazares, B., Sudarshana, M.R., Lucas, W.J. e Gilbertson, R.L. Functional analysis of proteins involved in movement of the monopartite begomovirus, tomato yellow leaf curl virus. *Virology*, v. 291, p. 110-125. 2001.
- Rojas, M.R., Noueir, A.O., Lucas, W.J. e Gilbertson, R.L. Bean dwarf mosaic geminivirus movement proteins recognize DNA in a form- and size-specific manner. *Cell*, v. 95, p. 105-113. 1998.
- Rom, M., Antignus, Y., Gidoni, D. e Pilowsky, M. Accumulation of Tomato yellow leaf curl virus DNA in tolerant and susceptible tomato lines. *Plant Disease*, v. 77, p. 253-257. 1993.
- Salati, R., Shorey, M., Briggs, A., Calderon, J., Rojas, M.R., Chen, L.F., Gilbertson, R.L. e Palmieri, M. First report of Tomato yellow leaf curl virus infecting tomato, tomatillo, and peppers in Guatemala. *Plant Disease*, v. 94, p. 2010.
- Salguero, V. Perspectivas para el manejo del complejo mosca blanca-virosis. CATIE. Turrialba, p. 20-26. 1993
- Sambrook, J. e Russel, D. *Molecular Cloning - A Laboratory Manual* (3^a ed.). Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2001. 2344 p.
- Sanderfoot, A.A., Ingham, D.J. e Lazarowitz, S.G. A viral movement protein as a nuclear shuttle. The geminivirus BR1 movement protein contains domains essential for interaction with BL1 and nuclear localization. *Plant Physiol*, v. 110, p. 23-33. 1996.
- Sanderfoot, A.A. e Lazarowitz, S.G. Cooperation in viral movement: The geminivirus BL1 movement protein interacts with BR1 and redirects it from the nucleus to the cell periphery. *Plant Cell*, v. 7, p. 1185-1194. 1995.
- Sanderfoot, A.A. e Lazarowitz, S.G. Getting it together in plant virus movement: Cooperative interactions between bipartite geminivirus movement proteins. *Trends in Cell Biology*, v. 6, p. 353-358. 1996.
- Santos, C.D.G., Ávila, A.C., Inoue-Nagata, A.K. e Resende, R.O. Espécies vegetais hospedeiras de begomovirus isolados de tomateiro em Goiás e no Distrito Federal. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, p. 450-455. 2004.
- Santos, C.D.G., Gonçalves, M.F.B. e Oliveira, O.R. Detecção por ELISA de begomovirus em plantas daninhas presentes em áreas produtoras de tomateiro no estado do Ceará. *Fitopatologia Brasileira*, v. 28(Supl.), p. 252. 2003.
- Sanz, A.I., Fraile, A., García-Arenal, F., Zhou, X., Robinson, D.J., Khalid, S., Butt, T. e Harrison, B.D. Multiple infection, recombination and genome relationships among begomovirus isolates found in cotton and other plants in Pakistan. *Journal of General Virology*, v. 81, p. 1839-1849. 2000.

- Saunders, K., Briddon, R.W. e Stanley, J. Replication promiscuity of DNA-beta satellites associated with monopartite begomoviruses; deletion mutagenesis of the Ageratum yellow vein virus DNA-beta satellite localizes sequences involved in replication. *Journal of General Virology*, v. 89, p. 3165-3172. 2008.
- Silva, A.F., Coelho, A.I.D.A., Ramos, J.B., Santana, L.M.D. e França, C.R.R.S. Chemistries characteristics and acceptance of prepared and used biofertilizant in agroecological vegetable garden of Semi-arid of Northeastern Brazil. V - Congresso Brasileiro de Agroecologia - CBA - Manejo de Agroecossistemas Sustentáveis Rev. Bras. de Agroecologia/out. 2 2007a.
- Silva, A.F., Pinto, J.M., França, C.R.R.S., Sabrina, C.F., Gomes, T.C.A., Silva, M.S.L. e Matos, A.N.B. Preparo e Uso de Biofertilizantes Líquidos. Semi-Árido, E.: EMBRAPA Semi-Árido. Comunicado Técnico - 130 2007b.
- Stanley, J. Analysis of African cassava mosaic virus recombinants suggest strand nicking occurs within the conserved nonanucleotide motif during the initiation of rolling circle DNA replication. *Virology*, v. 206, p. 707-712. 1995.
- Stanley, J., Bisaro, D.M., Briddon, R.W., Brown, J.K., Fauquet, C.M., Harrison, B.D., Rybicki, E.P. e Stenger, D.C. Family *Geminiviridae*. In: Fauquet, C.M., Mayo, M.A., Maniloff, J., Desselberger, U. e Ball, L.A. (Ed.). *Virus Taxonomy*. Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. San Diego: Elsevier Academic Press, v., 2005. p. 301-326.
- Sunter, G., Hartitz, M.D., Hormuzdi, S.G., Brough, C.L. e Bisaro, D.M. Genetic analysis of tomato golden mosaic virus: ORF AL2 is required for coat protein accumulation while ORF AL3 is necessary for efficient DNA replication. *Virology*, v. 179, p. 69-77. 1990.
- Thresh, J.M., Otim-Nape, G.W. e Fargette, D. The components and deployment of resistance to cassava mosaic virus disease. *Integrated Pest Management Reviews*, v. 3, p. 209-224. 1998.
- Torres-Pacheco, I., Garzón-Tiznado, J.A., Brown, J.K., Becerra-Flora, A. e Rivera-Bustamante, R. Detection and distribution of geminiviruses in Mexico and the Southern United States. *Phytopathology*, v. 86, p. 1186-1192. 1996.
- Trinks, D., Rajeswaran, R., Shivaprasad, P.V., Akbergenov, R., Oakeley, E.J., Veluthambi, K., Hohn, T. e Pooggin, M.A. Suppression of RNA silencing by a geminivirus nuclear protein, AC2, correlates with transactivation of host genes. *Journal of Virology*, v. 79, p. 2517-2527. 2005.
- Van Den Bosch, F., Akudibilah, G., Seal, S. e Jeger, M. Host resistance and the evolutionary response of plant viruses. *Journal of Applied Ecology*, v. 43, p. 506-516. 2006.
- Van Der Walt, E., Rybicki, E.P., Varsani, A., Polston, J.E., Billharz, R., Donaldson, L., Monjane, A.L. e Martin, D.P. Rapid host adaptation by extensive recombination. *Journal of General Virology*, v. 90, p. 734-746. 2009.

- Vanitharani, R., Chellappan, P., Pita, J.S. e Fauquet, C.M. Differential roles of AC2 and AC4 of cassava geminiviruses in mediating synergism and suppression of posttranscriptional gene silencing. *J Virol*, v. 78, p. 9487-9498. 2004.
- Villas-Boas, G.L. e Castelo Branco, M. Manejo integrado de pragas em hortaliças. I Simposio de Manejo Integrado de Pragas. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 147-150 p.
- Voinnet, O., Pinto, Y.M. e Baulcombe, D.C. Suppression of gene silencing: A general strategy used by diverse DNA and RNA viruses of plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, v. 96, p. 14147-14152. 1999.
- Wang, H., Hao, L.H., Shung, C.Y., Sunter, G. e Bisaro, D.M. Adenosine kinase is inactivated by geminivirus AL2 and L2 proteins. *Plant Cell*, v. 15, p. 3020-3032. 2003.
- Zakri, A., Ziegler, A., Torrance, L., Fischer, R. e Commandeur, U. Generation and characterization of a scFv against recombinant coat protein of the geminivirus tomato leaf curl New Delhi virus. *Archives of Virology*, v. 155, p. 2010.
- Zerbini, F.M., Andrade, E.C., Barros, D.R., Ferreira, S.S., Lima, A.T.M., Alfenas, P.F. e Mello, R.N. Traditional and novel strategies for geminivirus management in Brazil. *Australasian Plant Pathology*, v. 34, p. 475-480. 2005.
- Zerbini, F.M., Zambolim, E.M., Carrijo, I.V. e Gilbertson, R.L. A new bipartite geminivirus infecting tomatoes in Minas Gerais, Brazil. *Phytopathology*, v. 86, p. S1. 1996.

APÊNDICE

Avaliação dos ensaios e da produção obtida

No primeiro ensaio de cultivo (E1) a incidência de begomovirus foi baixíssima (Tabela A1). Além disso, grande parte do ‘stand’ ficou comprometido por infecção pela bactéria *Ralstonia solanacearum* (Figura A1). Mesmo assim, a produção do híbrido tolerante foi bastante superior à do híbrido suscetível, e o efeito dos diferentes sistemas de manejo foi evidente e estatisticamente significativo (Tabela A2).

Tabela A1. Resultados da detecção viral nas amostras coletadas no primeiro ensaio de cultivo (E1).

Amostragens (dap)												Total	
1ª (35)		2ª (50)		3ª (65)		4ª (80)		5ª (95)		6ª (110)			
I*	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
0	356	1	368	2	214	0	204	5	164	0	156	8	1.462

* I: plantas com infecção viral comprovada por hibridização molecular; T: total de plantas testadas.



Figura A1. Vista da área experimental. Nota-se a grande quantidade de plantas com murcha devido à infecção por *Ralstonia solanacearum* (em primeiro plano). E1, 10/04/2006.

Tabela A2. Dados de produção de tomates, por classe comercial, do primeiro ensaio de cultivo (E1, março a junho de 2006).

Frutos	Cultivar	AA*			A			E		
		CON	ORG	TEST	CON	ORG	TEST	CON	ORG	TEST
Número	‘Carmen’	30 bA	27 bA	2 bB	139 bA	98 bB	36 bC	182 bB	229 bA	127 bC
	‘Thaty’	79 aA	64 aA	31 aB	214 aB	317 aA	248 aB	402 aB	538 aA	282 aC
Peso (kg)	‘Carmen’	4 bA	4 bA	0 bB	12 aA	9 bA	2 bB	7 bB	11 bA	3 bC
	‘Thaty’	10 aA	8 aA	4 aB	18 aB	29 aA	22 aB	20 aAB	25 aA	17aB

*AA: total de frutos com classificação AA; A: total de frutos com classificação A; E: total de frutos com classificação Especial. Em cada bloco, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O segundo ensaio de cultivo (E2), de junho a outubro de 2006, foi marcado por pouca chuva no período, porém com frio intenso, fatores que novamente levaram a uma redução populacional do vetor de begomovirus, a mosca-branca *Bemisia tabaci*. Assim, a incidência do vetor na lavoura foi baixa durante todo o cultivo. Porém, conforme observado na primeira repetição, a produção do híbrido tolerante foi superior à do híbrido suscetível, embora o efeito dos manejos tenha sido menos pronunciado (Tabela A3).

Tabela A3 Dados de produção de tomates, por classe comercial, no segundo ensaio de cultivo (E2, junho a outubro de 2006).

Frutos	Cultivar	AA*			A			E		
		CON	ORG	TES	CON	ORG	TES	CON	ORG	TES
Número	‘Carmen’	859 aB	950 aA	804 bB	4.532 aA	5.096 aA	5.502 aA	5.540 aA	6.204 aB	5.266 aA
	‘Thaty’	841 aB	1.007 aA	900 aB	4.169 aA	4.425 bA	4.054 bA	5.164 aB	5.502 bB	5.136 aA

Peso (kg)	‘Carmen’									
		141 aB	162 aA	132 aB	418 bB	471 aA	492 aB	427 aA	432 aA	369 aA
	‘Thaty’	148 aB	172 aA	157 aB	467 aB	395 bA	389 bB	408 aA	435 aA	402 aA

* AA: total de frutos com classificação AA; A: total de frutos com classificação A; E: total de frutos com classificação Especial. Em cada bloco, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No segundo ensaio foi extraído o DNA de 358, 358, 358, 354, 353 e 346 amostras na primeira, segunda, terceira, quarta, quinta e sexta coletas, respectivamente (Tabela A4). A diferença existente entre as coletas foi devido à redução normal do ‘stand’ de plantas no campo (Figura A2). Os DNAs extraídos de todas as 2.127 amostras, mais os controles negativos e positivos, foram transferidos para membranas de náilon a fim de se proceder à hibridização molecular (Figura A3). Conforme esperado com base na baixíssima incidência do vetor, a incidência da doença também foi extremamente baixa (Tabela A4).

Tabela A4. Resultados da detecção viral nas amostras coletadas no segundo ensaio de cultivo (E2).

Amostragens (dap)												Total	
1ª (35)		2ª (50)		3ª (65)		4ª (80)		5ª (95)		6ª (110)			
I*	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
0	358	0	358	0	358	6	354	2	353	1	346	9	2.127

* I: plantas com infecção viral comprovada por hibridização molecular; T: total de plantas testadas.



Figura A2. Vista da área experimental. Nota-se um pequeno número de falhas nas linhas das parcelas experimentais. E2, 18/07/2006.

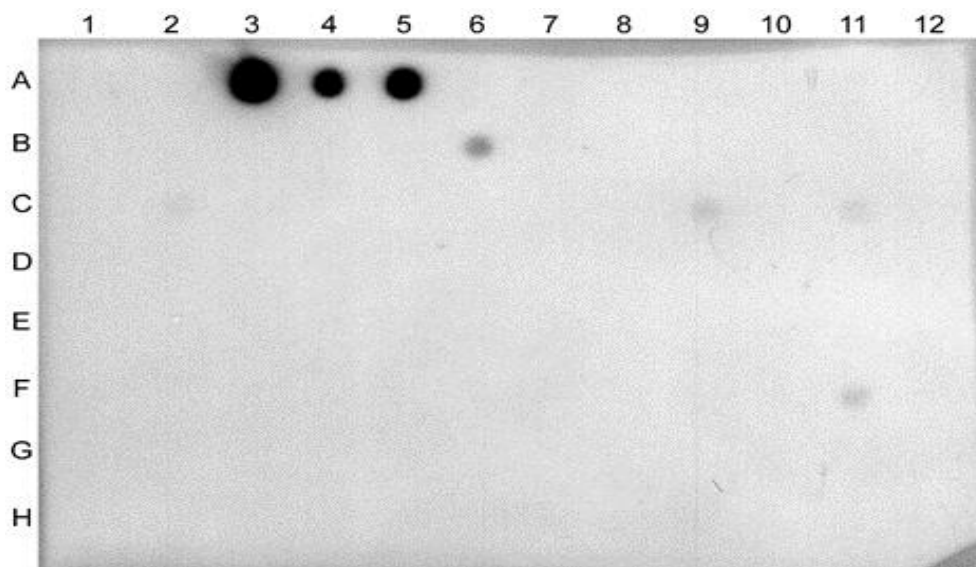


Figura A3. Identificação viral via hibridização molecular nas amostras coletadas (E2, quarta coleta, 01/08/2006). A1 e A2, controles negativos (DNA extraído de plantas saudáveis).

A3, A4 e A5, controles positivos (DNA extraído de plantas infectadas pelos begomovirus ToYSV, ToRMV e TGMV, respectivamente). As amostras localizadas nas posições B6, C9, C11 e P11 apresentaram resultado positivo; as demais apresentaram resultado negativo.

No terceiro ensaio de cultivo foram processadas 357, 334, 325 e 278 amostras na primeira, segunda, terceira, quarta e quinta coletas, respectivamente (Tabela A5). O DNA extraído de todas as 1.686 amostras, mais os controles negativo (DNA extraído de planta sadia) e positivo (DNA extraído de planta comprovadamente infectada por begomovirus), foram transferidos para membranas, fixados por raios ultravioleta (UV) e hibridizados conforme descrito anteriormente. Os resultados da detecção viral encontram-se na Tabela A5.

Tabela A5. Resultados da detecção viral nas amostras coletadas no terceiro ensaio de cultivo (E3).

Amostragens (dap)												Total	
1ª (35)		2ª (50)		3ª (65)		4ª (80)		5ª (95)		6ª (110)			
I*	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
0	357	15	334	0	325	6	278	0	68	-	-	22	1.686

* I: plantas com infecção viral comprovada por hibridização molecular; T: total de plantas testadas.

Os dados de produção são compatíveis com as perdas devido ao ataque de *R. solanacearum*. Não foram obtidos frutos com as classificações comerciais superiores, isto é, AA e A, sendo colhidos apenas frutos da classe comercial E (especial). Mesmo assim, novamente observou-se uma maior produção do híbrido tolerante. O efeito de tratamento foi pouco evidente (Tabela A6).

Tabela A6. Dados de produção de tomates, por classe comercial, no terceiro ensaio de cultivo (E3, outubro de 2006 a janeiro de 2007).

Frutos	Cultivar	E		
		CON	ORG	TEST
Número	‘Carmen’	22 bB	284 bA	263 bA
	‘Thaty’	1005 aA	752 aB	753 aB
Peso (kg)	‘Carmen’	7 bA	10 bA	9 bA
	‘Thaty’	52 aA	34 aB	35 aB

E: total de frutos com classificação Especial. Em cada bloco, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No quarto ensaio de cultivo (E4), de março a agosto de 2007, foram coletadas 356 amostras da primeira coleta, 349 na segunda, 383 na terceira, 334 na quarta, 405 na quinta e 331 na sexta coletas (Tabela A7). O maior número de amostras na terceira e quinta coletas foi devido à inclusão de amostras da bordadura, a fim de verificar a incidência de vírus no entorno da área experimental. O DNA extraído de todas as 2.158 amostras foi processado conforme descrito anteriormente.

Tabela A7. Resultados da detecção viral nas amostras coletadas no quarto ensaio de cultivo (E4).

Amostragens (dap)												Total	
1ª (35)		2ª (50)		3ª (65)		4ª (80)		5ª (95)		6ª (110)			
I*	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
0	356	5	349	7	383	13	334	0	405	0	331	25	2.158

* I: plantas com infecção viral comprovada por hibridização molecular; T: total de plantas testadas.

Os dados de produção referentes à E4 refletem o plantio em época menos favorável à incidência de pragas e doenças, permitindo a obtenção de um maior número de frutos com classificação comercial superior (Tabela A8). Observou-se um efeito de tratamento e do híbrido plantado, embora a correlação não tenha sido absoluta. O híbrido suscetível apresentou melhor desempenho no tratamento convencional, enquanto o híbrido tolerante foi superior no tratamento orgânico e na testemunha.

Tabela A8. Dados de produção de tomates, por classe comercial, no quarto ensaio de cultivo (E4, março a agosto de 2007).

Frutos	Cultivar	AA*			A			E		
		CON	ORG	TEST	CON	ORG	TEST	CON	ORG	TEST
Número	‘Carmen’	1013 aA	921 bA	623 bB	1615 aB	2234 aA	1343aC	1104 bB	2018aA	1755 bA
	‘Thaty’	799 bB	1016 aA	1011 aA	1448 bA	1619 bA	946 bB	1420 aB	1847bA	1873 aA
Peso (kg)	‘Carmen’	195 aA	165 bA	116 bB	145 aB	223 aA	172 aAB	155 aB	188 aB	211 bA
	‘Thaty’	153 bA	192 aA	187 aA	155 aA	163 bA	127 bB	168 aB	156 bB	241 aA

* AA: total de frutos com classificação AA; A: total de frutos com classificação A; E: total de frutos com classificação Especial. Em cada bloco, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de amostras coletadas na primeira, segunda, terceira, quarta, quinta e sexta coletas do quinto ensaio foi de 360, 349, 335, 343, 286 e 302. A extração de DNA e as análises moleculares seguiram os procedimentos citados anteriormente. O número de

amostras positivas para a presença de begomovirus foi de 74, 71, 115, 96, 23 e 30, em um total de 409 (Tabela A9).

Tabela A9. Resultados da detecção viral nas amostras coletadas no quinto ensaio de cultivo (E5).

Amostragens (dap)												Total	
1ª (35)		2ª (50)		3ª (65)		4ª (80)		5ª (95)		6ª (110)			
I*	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T	I	T
74	360	71	349	115	335	96	343	23	286	30	302	409	1.975

* I: plantas com infecção viral comprovada por hibridização molecular; T: total de plantas testadas.

Os dados de produção refletem a maior incidência da virose, com um percentual significativo de frutos com classificação comercial inferior. Os dois híbridos apresentaram desempenho semelhante, e o efeito de tratamento foi pouco evidente (Tabela A10).

Tabela A10. Dados de produção do quinto ensaio de cultivo (E5, setembro de 2007 a janeiro de 2008).

Frutos	Cultivar	AA*			A			E		
		CON	ORG	TEST	CON	ORG	TEST	CON	ORG	TEST
Número	‘Carmen’	222 aA	150 bB	213 aA	90 aA	72 bB	75 bB	4963 aA	4906 aA	5240 aA
	‘Thaty’	222 aA	228 aA	185 aA	103 aA	107 aA	140 aA	4964 aA	4668 aA	4601 aA
Peso (kg)	‘Carmen’	39 aA	27 aB	38 aA	12 aA	8 bA	10 bA	642 aA	594aB	611 aAB
	‘Thaty’	39 aA	35 aA	33 aA	13 aA	14 aA	18 aA	554 aB	561aB	518 bA

* AA: total de frutos com classificação AA; A: total de frutos com classificação A; E: total de frutos com classificação Especial. Em cada bloco, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

BIBLIOGRAFIA

- Alabi, O.J., Kumar, P.L. and Naidu, R.A., (2008). 'Multiplex PCR for the detection of African cassava mosaic virus and East African cassava mosaic Cameroon virus in cassava'. *Journal of Virological Methods*, 154 (1-2):111-120.
- Albergaria, N.M.M.S. and F.J., C., (2002). 'Ecology, behavior and bionomics: Exigências Térmicas de Bemisia tabaci (Genn.) Biótipo B (Hemiptera:Aleyrodidae)'. *Neotropical Entomology*, 31 (3):359.
- Albuquerque, L.C., Martin, D.P., Ávila, A.C. and Inoue-Nagata, A.K., (2010). 'Characterization of tomato yellow vein streak virus, a begomovirus from Brazil'. *Virus Genes*, 40 (1).
- Ambrozevicius, L.P., Calegario, R.F., Fontes, E.P.B., Carvalho, M.G. and Zerbini, F.M., (2002). 'Genetic diversity of begomovirus infecting tomato and associated weeds in Southeastern Brazil'. *Fitopatologia Brasileira*, 27 (4):372-377.
- Andrade, E.C., Ambrozevicius, L.P., Calegario, R.F., Fontes, E.P.B. and Zerbini, F.M., (2002). 'Molecular cloning and characterization of *Tomato chlorotic mottle vírus* (TCMV), a new tomato-infecting begomovirus.' *XIII Encontro Nacional e Virologia*. Águas de Lindóia: Virus Reviews & Research, 153.
- Andrade, E.C., Manhani, G.G., Alfenas, P.F., Calegario, R.F., Fontes, E.P.B. and Zerbini, F.M., (2006a). '*Tomato yellow spot virus*, a tomato-infecting begomovirus from Brazil with a closer relationship to viruses from *Sida* sp., forms pseudorecombinants with begomoviruses from tomato but not from *Sida*'. *Journal of General Virology*, 87:3687-3696.
- Andrade, E.C., Manhani, G.G., Fontes, E.P.B. and Zerbini, F.M., (2006b). 'Influência da taxa de replicação viral e do tropismo de tecido na indução diferencial de sintomas por begomovírus em tomateiro e *Nicotiana benthamiana*'. *Fitopatologia Brasileira*, 31:S350.
- ANVISA, (2010). 'ANVISA.Agrotóxicos no Brasil'.
- Aragão, F.J.L., Barros, L.M.G., Brasileiro, A.C.M., Ribeiro, S.G., Smith, F.D., Sanford, J.C., Faria, J.C. and Rech, E.L., (1996). 'Inheritance of foreign genes in transgenic bean (*Phaseolus vulgaris* L.) co-transformed via particle bombardment.' *Theoretical and Applied Genetics*, 93:142-150.

- Argüello-Astorga, G.R., Guevara-González, R.G., Herrera--Estrella, L.R. and Rivera-Bustamante, R.F., (1994). 'Geminivirus replication origins have a group-specific organization of interactive elements: a model for replication'. *Virology*, 203:90-100.
- Atkinson, D. and MCKINLAY, R.G., (1995). 'Crop protection in sustainable farming systems and BCPC Symposium Proceedings, 63'. In: MCKINLAY, R.G.A., D. (ed). *Integrated crop protection: towards sustainability*. Farnham: British: Crop Protection Council, 483-488.
- Baldin, E.I., SOUZA, D.R., SOUZA, E.S. and BENEDUZZI, R.A., (2007). 'Controle de mosca-branca com extratos vegetais, em tomateiro cultivado em casa-de-vegetação'. *Horticultura Brasileira*, 25 (4):602-606.
- Barbosa, J.C., (2007). 'Epidemiologia de begomoviroses em tomateiro sob condições de campo e de cultivo protegido'. *Fitopatologia*. Piracicaba: Escola Superior Luiz de Queiroz, 109.
- Bedford, I.D., Briddon, R.W., Brown, J.K., Rosell, R.C. and Markham, P.G., (1994). 'Geminivirus transmission and biological characterization of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographical regions'. *Annals of Applied Biology*, 125:311-325.
- Bergamin Filho, A., Lopes, D.B., Amorim, L., Godoy, C.V. and Berger, R.D., (1995). 'Avaliação de danos causados pelas doenças de plantas'. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, 3:133-184.
- Berlinger, M.J., (1986). 'Host plant resistance to *Bemisia tabaci*'. *Agric. Ecosys. Environ.*, 17:69-82.
- Bettiol, W., (2010). 'Conversão de sistemas de produção: uma visão global.' In: Venzon, M.P.J., T.J. de; Pallini, A. (ed). *Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica*. Viçosa, MG: EPAMIG; ZM. , 232.
- Bezerra, I.C., Lima, M.F., Ribeiro, S.G., Giordano, L.B., Zerbini, F.M. and Ávila, A.C., (1997). 'Occurrence of geminivirus in tomato-producing areas in Submédio São Francisco'. *Fitopatologia Brasileira*, 22:331.
- Bezerra, I.C., Ribeiro, S.G., Ávila, A.C. and Giordano, L.B., (1996). 'Survey of geminivirus infection in tomato producing areas in Federal District'. *VIII Encontro Nacional de Virologia*. São Lourenço, MG, 289.
- Boiteux, L.S., Oliveira, V.R., Silva, C.H., Makishima, N., Inoue-Nagata, A.K., Fonseca, M.E.D. and Giordano, L.D., (2007). 'Reaction of tomato hybrids carrying the Ty-1 focus to Brazilian bipartite begomovirus species'. *Horticultura Brasileira*, 25 (1):20-23.
- Bonfim, K., Faria, J.C., Nogueira, E.O., Mendes, E.A. and Aragao, F.J., (2007). 'RNAi-mediated resistance to Bean golden mosaic virus in genetically engineered common bean (*Phaseolus vulgaris*)'. *Mol Plant Microbe Interact*, 20 (6):717-726.
- Briddon, R.W., (2003). 'Cotton leaf curl disease, a multicomponent begomovirus complex'. *Molecular Plant Pathology*, 4 (6):427-434.

- Briddon, R.W., Brown, J.K., Moriones, E., Stanley, J., Zerbini, M., Zhou, X. and Fauquet, C.M., (2008). 'Recommendations for the classification and nomenclature of the DNA-beta satellites of begomoviruses'. *Archives of Virology*, 153 (4):763-781.
- Briddon, R.W., Pinner, M.S., Stanley, J. and Markham, P.G., (1990). 'Geminivirus coat protein gene replacement alters insect specificity'. *Virology*, 177:85-94.
- Brown, J.K., Coats, S., Frohlich, D.R., Bedford, I.D. and Markham, P.G., (1995a). 'Characterization and distribution of esterase electromorphs in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae)'. *Biochemistry and Genetics*, 33:205-214.
- Brown, J.K., Frohlich, D.R. and Rosell, R.C., (1995b). 'The sweetpotato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex ?' *Annual Review of Entomology*, 40:511-534.
- Brown, J.K., Frohlich, D.R. and Rosell, R.C., (1995c). 'The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex.' *Annual Review of Entomology*, 511-534.
- Butler, G.D. and HENNEBERRY, T., (1985). '*Bemisia tabaci* (Genn.), a pest of cotton in the Southwestern USA.' In: USDA, W. (ed): USDA Technical Bulletin, 1707.
- Calegario, R., Ferreira, S., Andrade, E. and FM, Z., (2007). 'Characterization of *Tomato yellow spot virus*, (ToYSV), a novel tomato-infecting begomovirus from Brazil.' *Braz J Agric Res*, 42:1335–1343.
- Carvalho, C.M., Fontenelle, M.R., Florentino, L.H., Santos, A.A., Zerbini, F.M. and Fontes, E.P.B., (2008). 'A novel nucleocytoplasmic traffic GTPase identified as a functional target of the bipartite geminivirus nuclear shuttle protein'. *Plant Journal*, 55 (5):869-880.
- Carvalho, C.M., Wellink, J., Ribeiro, S.G., Goldbach, R.W. and van Lent, J.W.M., (2003). 'The C-terminal region of the movement protein of Cowpea mosaic virus is involved in binding to the large but not to the small coat protein'. *Journal of General Virology*, 84:2271-2277.
- CARVALHO, J.C. and PAGLIUCA, L.G., (2007). 'Tomate: um mercado que não pára de crescer globalmente'. *Revista Hortifruti Brasil-São Paulo*, 6 (58):6-14.
- Cassino, P.C.R., Perruso, J.C. and Rodrigues, R., (1998). 'Manejo agrônômico sustentável, estratégia eficaz para o desenvolvimento agrícola.' In: Brasil, S.E.d. (ed). *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTO-MOLOGIA, 17 e ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS*, 8,. Rio de Janeiro: Sociedade Entomológica do Brasil, 449.
- Castillo-Urquiza, G.P., (2008). 'Diversidade e estrutura genética de begomovírus em duas regiões produtoras de tomate do Sudeste do Brasil'. *Dep. de Fitopatologia*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 107.
- Castillo-Urquiza, G.P., Beserra Jr., J.E.A., Bruckner, F.P., Lima, A.T.M., Varsani, A., Alfenas-Zerbini, P. and Zerbini, F.M., (2008a). 'Six novel begomoviruses infecting tomato and associated weeds in Southeastern Brazil'. *Archives of Virology*, 153:1985-1989.

- Castillo-Urquiza, G.P., Beserra Junior, J.E.A., Alfenas-Zerbini, P., Varsani, A., Lima, A.T.M., Barros, D.R. and Zerbini, F.M., (2007). 'Genetic diversity of begomoviruses infecting tomato in Paty do Alferes, Rio de Janeiro state, Brazil.' *Virus Reviews and Research*, 12:233.
- Castillo-Urquiza, G.P., Beserra Junior, J.E.A., Bruckner, F.P., Barros, D.R., Lima, A.T.M., Alfenas-Zerbini, P., Mizubuti, E.S.G. and Zerbini, F.M., (2008b). 'Genetic structure of tomato-infecting begomovirus populations in Southeastern Brazil.' *19^o Encontro Nacional de Virologia, 2008*,. Caxambu, MG.: Reviews and Research. Rio de Janeiro, RJ : Sociedade Brasileira de Virologia,, 272-272.
- CEASA-BH, (2010). 'Conjuntura da tomaticultura no estado de Minas Gerais'.
- Chakraborty, S., Vanitharani, R., Chattopadhyay, B. and Fauquet, C.M., (2008). 'Supervirulent pseudorecombination and asymmetric synergism between genomic components of two distinct species of begomovirus associated with severe tomato leaf curl disease in India'. *Journal of General Virology*, 89:818-828.
- Chaves, A.L.R., (2002). 'Sintomas e danos causados por virus em culturas de importância econômica'. *Biológico*, 64:217-219.
- Chilakamarthi, U., Mukherjee, S.K. and Deb, J.K., (2007). 'Intervention of geminiviral replication in yeast by ribozyme mediated downregulation of its Rep protein'. *FEBS Lett*, 581 (14):2675-2683.
- Chirinos, D.T., Guerere, P., Geraud-Pouey, F., Romy, G., Santana, M.A. and Bastidas, L., (2009). 'Experimental transmission of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) by Bemisia tabaci(Aleyrodidae) to solanaceas'. *Revista Colombiana De Entomologia*, 35 (1):22-27.
- Costa, A.S., (1975). 'Increase in the populational density of *Bemisia tabaci*, a threat to widespread virus infection of legume crops in Brazil'. In: Bird, J. and Maramorosch, K. (eds). *Tropical Diseases of Legumes*. New York: Academic Press, 171.
- Costa, A.S., (1976). 'Whitefly-transmitted plant diseases'. *Annual Review of Phytopathology*, 14:429-440.
- Cotrim, M.A.d.A., Krause-Sakate, R., Narita, N., Zerbini, F.M. and Pavan, M.A., (2007). 'Diversidade genética de begomovírus em cultivos de tomateiro no Centro-Oeste Paulista'. *Summa Phytopathologica*, 33 (3).
- Cupertino, F.P., Kitajima, E.W., Fonseca, M.E.N. and Meyer, M.C., (1988). 'Viroses olerícolas no estado de Goiás'. *Fitopatologia Brasileira*, 13:101.
- Currence, T.M., (1963). 'Species, origin and botanical characters'. In: pflanzenzuchtung, H.d. (ed). *Tomato breeding*., 351-369.
- Delatte, H., Martin, D.P., Naze, F., Goldbach, R., Reynaud, B., Peterschmitt, M. and Lett, J.M., (2005). 'South West Indian Ocean islands tomato begomovirus populations represent a new major monopartite begomovirus group'. *Journal of General Virology*, 86:1533-1542.

- Della Vecchia, M.G.S., Rosa, D.D., Bergamin Filho, A., Amorim, L., Rezende, J.A.M. and Ribeiro, A., (2007). 'Dinâmica temporal e espacial da begomovirose causada por Tomato yellow vein streak virus em tomateiro na região de Campinas-SP'. *Summa Phytopathologica*, 33:388-396.
- Dellaporta, S.L., Wood, J. and Hicks, J.B., (1983). 'A plant DNA miniprep: Version II'. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1:19-21.
- EMBRAPA, (2008). 'Situação da produção de hortaliças no Brasil'. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- Fancelli, M., VENDRAMIM, J.D., LOURENÇÃO, A.L. and DIAS, C.T.S., (2003). 'Atratividade e preferência para oviposição de Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em genótipos de tomateiro.' *Neotropical Entomology*, 32 (2):319-328.
- FAO-FAOSTAT-2010, (2010). 'FAO. Food and Agriculture Organization. Production. >. Acesso em: 14/05/10.' *FAO. Food and Agriculture Organization. Production*.
- Faria, J.C., Souza-Dias, J.A.C., Slack, S. and Maxwell, D.P., (1997). 'A new geminivirus associated with tomato in the State of São Paulo, Brazil'. *Plant Disease*, 81:423.
- Fauquet, C.M., Briddon, R.W., Brown, J.K., Moriones, E., Stanley, J., Zerbini, F.M. and Zhou, X., (2008). 'Geminivirus strain demarcation and nomenclature'. *Archives of Virology*, 153:783-821.
- Fazeli, R., Heydarnejad, J., Massumi, H., Shaabani, M. and Varsani, A., (2009). 'Genetic diversity and distribution of tomato-infecting begomoviruses in Iran'. *Virus Genes*, 38 (2).
- Fernandes, F.R., Albuquerque, L.C.d., Giordano, L.d.B., Boiteux, L.S., A ´ vila, A.C.d. and Inoue-Nagata, A.K., (2008). 'Diversity and prevalence of Brazilian bipartite begomovirus species associated to tomatoes'. *Virus Genes*, 36:251–258.
- Fernandes, J.J., Carvalho, M.G., Andrade, E.C., Brommonschenkel, S.H., Fontes, E.P.B. and Zerbini, F.M., (2006). 'Biological and molecular properties of *Tomato rugose mosaic virus* (ToRMV), a new tomato-infecting begomovirus from Brazil'. *Plant Pathology*, 55 (4):513-522.
- Ferreira, S.S., Barros, D.R., de Almeida, M.R. and Zerbini, F.M., (2010). ' Characterization of Passionfruit severe leaf distortion virus, a novel begomovirus infecting passionfruit in Brazil, reveals a close relationship with tomato-infecting begomoviruses'. *Plant Pathology*, 59 (VL - SP - 221): 2.
- Filgueira, F.A.R., (2000). *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção de hortaliças*. Viçosa: UFV.
- Filgueira, F.A.R., (2008). *Novo manual de olericultura -Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV.

- Fontenelle, M.R., Luz, D.F., Gomes, A.P., Florentino, L.H., Zerbini, F.M. and Fontes, E.P., (2007). 'Functional analysis of the naturally recombinant DNA-A of the bipartite begomovirus *Tomato chlorotic mottle virus*'. *Virus Res*, 126 (1-2):262-267.
- Fontes, E.P.B., Gladfelter, H.J., Schaffer, R.L., Petty, I.T.D. and Hanley-Bowdoin, L., (1994). 'Geminivirus replication origins have a modular organization'. *Plant Cell*, 6:405-416.
- Fontes, E.P.B., Luckow, V.A. and Hanley-Bowdoin, L., (1992). 'A geminivirus replication protein is a sequence-specific DNA binding protein'. *Plant Cell*, 4:597-608.
- Fontes, E.P.B., Santos, A.A., Luz, D.F., Waclawovsky, A.J. and Chory, J., (2004). 'The geminivirus nuclear shuttle protein is a virulence factor that suppresses transmembrane receptor kinase activity'. *Genes & Development*, 18 (20):2545-2556.
- França, F.H., (1984). 'Considerações sobre um programa de manejo integrado de pragas de hortaliças no Brasil.' In: Brasil, S.d.O.d. (ed). *I CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, E 24 REUNIÃO LATINO-AMERICANA EM OLERICULTURA*. Jaboticabal, 104-128.
- França, F.H., Villas-Boas, G.L. and Castelo-Branco, M., (1996). 'Ocorrência de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera:Aleyrodidae) no Distrito Federal'. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 25:369-372.
- Gallo, D., NAKANO, O. and SILVEIRA NETO, S., (1988). *Manual de Entomologia Agrícola*. São Paulo.
- Galvão, R.M., Fernandes, A.V., Almeida, J.D., Alfenas, P.F., Andrade, E.C. and Fontes, E.P.B., (1998). 'Molecular characterization of two new tomato-infecting geminiviruses and the *Sida*-infecting geminiviruses complex from Brazil'. *International Workshop on Bemisia and Geminiviral diseases*. San Juan - Puerto Rico, L-93.
- Galvão, R.M., Mariano, A.C., Luz, D.F., Alfenas, P.F., Andrade, E.C., Zerbini, F.M., Almeida, M.R. and Fontes, E.P.B., (2003). 'A naturally occurring recombinant DNA-A of a typical bipartite begomovirus does not require the cognate DNA-B to infect *Nicotiana benthamiana* systemically'. *Journal of General Virology*, 84 (3):715-726.
- Garcia-Andres, S., Accotto, G.P., Navas-Castillo, J. and Moriones, E., (2007a). 'Founder effect, plant host, and recombination shape the emergent population of begomoviruses that cause the tomato yellow leaf curl disease in the Mediterranean basin'. *Virology*, 359 (2):302-312.
- Garcia-Andres, S., Tomas, D.M., Sanchez-Campos, S., Navas-Castillo, J. and Moriones, E., (2007b). 'Frequent occurrence of recombinants in mixed infections of tomato yellow leaf curl disease-associated begomoviruses'. *Virology*, 365 (1):210-219.
- Garrett, K.A., Hulbert, S.H., Leach, J.E. and Travers, S.E., (2006). 'Ecological genomics and epidemiology'. *European Journal of Plant Pathology*, 115 (1):35-51.
- Gravena, S. (ed), (1984). *Manejo integrado de pragas*. Jaboticabal: EMBRAPA-DDT Brasília.

- Gravena, S., BENVENGA, S.R. and JÚNIOR, H.A., (1998). 'Manejo Ecológico de pragas e doenças do tomate envarado: redução das pulverizações por monitoramento. , Jaboticabal: v., n., 1998. P (Trabalho apresentado na , ,)'. In: Gravena, I. (ed). *Conferência Internacional de Agricultura Sustentável*. Rio de Janeiro, 154.
- Guimarães, P.T.G., Ribeiro, A.C. and Alvarez, V.H., (1999). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. VIÇOSA-MG: Produção independente.
- Gutierrez, C., (1999). 'Geminivirus DNA replication'. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 56 (3-4):313-329.
- Haji, F.N.P., LIMA, M.F. and J.A., A., (1997). 'Histórico sobre mosca-branca no Brasil'. *Taller Latino Americano y del Caribe sobre Mosca-blanca y Geminivirus*. Santo Domingo: Memória, 5-8.
- Hanley-Bowdoin, L., Settlage, S.B., Orozco, B.M., Nagar, S. and Robertson, D., (1999). 'Geminiviruses: Models for plant DNA replication, transcription, and cell cycle regulation'. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18:71-106.
- Harrison, B.D., (1985). 'Advances in geminivirus research'. *Annual Review of Phytopathology*, 23:55-82.
- Harrison, B.D. and Robinson, D.J., (1999). 'Natural genomic and antigenic variation in white-fly transmitted geminiviruses (begomoviruses)'. *Annual Review of Phytopathology*, 39:369-398.
- Harvey, M., QUILLEY, S. and BEYNON, H., (2002). 'Exploring the tomato: transformations of nature, society and economy'. In: Elga, E. (ed). Cheltenham, 324.
- Hiebert, E., ABOUZID, A.M. and POLSTON, J.E., (1996). 'Whitefly-transmitted geminiviruses. Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management.' In: GERLING, S.M., R.T. (ed). Andover: Intercept Ltd, 277-288.
- Hill, J.E., Strandberg, J.O., Hiebert, E. and Lazarowitz, S.G., (1998). 'Asymmetric infectivity of pseudorecombinants of cabbage leaf curl virus and squash leaf curl virus: Implications for bipartite geminivirus evolution and movement'. *Virology*, 250:283-292.
- Hofer, P., Bedford, I.D., Markham, P.G., Jeske, H. and Frischmuth, T., (1997). 'Coat protein gene replacement results in whitefly transmission of an insect nontransmissible geminivirus isolate'. *Virology*, 236 (2):288-295.
- Hogenhout, S.A., Ammar, E.D., Whitfield, A.E. and Redinbaugh, M.G., (2008). 'Insect vector interactions with persistently transmitted viruses'. *Annual Review of Phytopathology*, 46:327-359.
- Hou, Y.M. and Gilbertson, R.L., (1996). 'Increased pathogenicity in a pseudorecombinant bipartite geminivirus correlates with intermolecular recombination'. *Journal of Virology*, 70:5430-5436.
- Hunziker, A.T., (2001). *The genera of Solanaceae*. . Liechtenstein.

- Inoue-Nagata, A.K., Albuquerque, L.C., Rocha, W.B. and Nagata, T., (2004). 'A simple method for cloning the complete begomovirus genome using the bacteriophage phi 29 DNA polymerase'. *Journal of Virological Methods*, 116 (2):209-211.
- ISMAN, M.B., (1995). 'Leads and prospects for the development of new botanical insecticides'. *Rev. Pestic. Toxicol.*
- Isman, M.B., (2006). 'Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world.' *Rev. Entomology*, 45-66.
- Ji, Y.F., Scott, J.W. and Schuster, D.J., (2009). 'Toward Fine Mapping of the Tomato Yellow Leaf Curl Virus Resistance Gene Ty-2 on Chromosome 11 of Tomato'. *HortScience*, 44 (3):614-618.
- Kittelman, K., Rau, P., Gronenborn, B. and Jeske, H., (2009). 'Plant Geminivirus Rep Protein Induces Rereplication in Fission Yeast'. *Journal of Virology*, 83 (13):6769-6778.
- Lapidot, M. and Friedmann, M., (2002). 'Breeding for resistance to whitefly-transmitted geminiviruses'. *Annals of Applied Biology*, 140:109-127.
- Laufs, J., Schumacher, S., Geisler, N., Jupin, I. and Gronenborn, B., (1995). 'Identification of the nicking tyrosine of geminivirus Rep protein'. *FEBS Lett*, 377 (2):258-262.
- Lazarowitz, S.G., (1992). 'Geminiviruses: Genome structure and gene function'. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 11:327-349.
- Lima, A.T.M., (2008). 'CARACTERIZAÇÃO DE DOIS BEGOMOVÍRUS (Tomato severe rugose virus E Tomato yellow vein streak virus) QUE INFECTAM TOMATEIRO E OBTENÇÃO DE CLONES INFECCIOSOS '. *Depto de Fitopatologia - UFV. Viçosa-MG: UFV*, 86.
- Lourenção, A.L. and Nagai, H., (1994). 'Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo'. *Bragantia*, 53:53-59.
- Lucas, W.J., (2006). 'Plant viral movement proteins: Agents for cell-to-cell trafficking of viral genomes'. *Virology*, 344:169-184.
- Makishima, N., (1991). 'Situação atual da produção de tomate no Brasil. In: Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de tomate'. In: UNESP (ed). *Jaboticabal, 8 a 11 de outubro de 1991*. Jaboticabal, 1-19.
- Malta, A.W.O., (1999). 'Flutuação populacional e calibração de níveis de ação para o manejo integrado de pragas do tomateiro na Meso-região metropolitana de Belo Horizonte'. *Dep. de Fitossanidade*. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 91.
- Malta, A.W.O., RODRIGUES, E.J.R., GONÇALVES, N.P., REIS, P.R., SILVA, R.A. and CALIL, A.C.P., (2005a). 'Flutuação populacional das principais pragas transmissoras de viroses no tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) na Meso-região metropolitana de Belo Horizonte'. *45º Congresso Brasileiro de Olericultura*. Fortaleza, CE: Sociedade Brasileira de Olericultura.

- Malta, A.W.O., RODRIGUES, E.J.R., GONÇALVES, N.P., REIS, P.R., SILVA, R.A., DEL GIUDICE, M.P. and CALIL, A.C.P., (2005b). 'Calibração de níveis de ação para o manejo integrado de insetos vetores de viroses do tomateiro na Meso-região metropolitana de Belo Horizonte'. *45º Congresso Brasileiro de Olericultura*. Fortaleza, CE: Sociedade Brasileira de Olericultura.
- Mason, G., RANCATI, M. and BOSCO, D., (2000). 'The effect of thiamethoxam, a second generation neonicotinoid insecticide, in preventing transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus (TYLCV) by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius)'. *Crop Protection*, 19:473-479.
- Matsubara, W.I., (1992). 'Controle químico das pragas de hortaliças.' In: FERNANDES, O.A.C., A. do C. B.; BORTOLI, S. A. (ed). *Manejo Integrado de Pragas*. Jaboticabal: FUNEP, 287-297.
- Matyis, J.C., Silva, D.M., Oliveira, A.R. and Costa, A.S., (1975). 'Purificação e morfologia do vírus do mosaico dourado do tomateiro'. *Summa Phytopathologica*, 1:267-275.
- Melo, P.C.T., (1992). 'Mosca branca ameaça produção de hortaliças'. Campinas, SP, Brazil: Asgrow do Brasil Sementes Ltda., Technical Bulletin.
- Monci, F., Sanchez-Campos, S., Navas-Castillo, J. and Moriones, E., (2002). 'A natural recombinant between the geminiviruses *Tomato yellow leaf curl Sardinia virus* and *Tomato yellow leaf curl virus* exhibits a novel pathogenic phenotype and is becoming prevalent in Spanish populations'. *Virology*, 303 (2):317-326.
- Morales, F.J. and Jones, P.G., (2004). 'The ecology and epidemiology of whitefly-transmitted viruses in Latin America'. *Virus Research*, 100 (1):57-65.
- Mutschler, M.A., WOLFE, D.W., COBB, E.D. and YOURSTONE, K.S., (1992). 'Tomato fruit quality and shelf life in hybrids heterozygous for the alc ripening mutant.' *HortScience*, 27:352-355.
- Nagar, S., Pedersen, T.J., Carrick, K.M., Hanley-Bowdoin, L. and Robertson, D., (1995). 'A geminivirus induces expression of a host DNA synthesis protein in terminally differentiated plant cells'. *Plant Cell*, 7:705-719.
- Noueiry, A.O., Lucas, W.J. and Gilbertson, R.L., (1994). 'Two proteins of a plant DNA virus coordinate nuclear and plasmodesmal transport'. *Cell*, 76:925-932.
- Ohnesorge, B., Sharaf, N. and Alcawi, T., (1980). 'Population studies on the tobacco white-fly *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) during the winter season. I. The spacial distribution on some host plants. Z. Angew.' *Entomol.*, 90:226-232.
- Orozco, B.M. and Hanley-Bowdoin, L., (1996). 'A DNA structure is required for geminivirus replication origin function'. *J Virol*, 70 (1):148-158.
- Orozco, B.M. and Hanley-Bowdoin, L., (1998). 'Conserved sequence and structural motifs contribute to the DNA binding and cleavage activities of a geminivirus replication protein'. *Journal of Biological Chemistry*, 273:24448-24456.

- Orozco, B.M., Miller, A.B., Settlage, S.B. and Hanley-Bowdoin, L., (1997). 'Functional domains of a geminivirus replication protein'. *J Biol Chem*, 272 (15):9840-9846.
- Osborne, L.S., (1988). 'The not so sweetpotato whitefly.' *Foliage*. Florida, USA, 8-15.
- Peña, E.A., Pantoja, A., Beaver, J. and Armstrong, A., (1993). 'Oviposición de Bemisia tabaci Genn. (Homoptera, Aleyrodidae) en cuatro genotipos de Phaseolus vulgaris L. (leguminosae) con diferentes grados de pubescencia. Folia Mex. : '. *Entomol.*, 87:1-12.
- Pita, J.S., Fondong, V.N., Sangare, A., Otim-Nape, G.W., Ogwal, S. and Fauquet, C.M., (2001). 'Recombination, pseudorecombination and synergism of geminiviruses are determinant keys to the epidemic of severe cassava mosaic disease in Uganda'. *Journal of General Virology*, 82 (Pt 3):655-665.
- Polston, J.E. and Anderson, P.K., (1997). 'The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the western hemisphere'. *Plant Disease*, 81:1358-1369.
- Ramos, P.L., Guevara-Gonzalez, R.G., Peral, R., Ascencio-Ibanez, J.T., Polston, J.E., Arguello-Astorga, G.R., Vega-Arreguin, J.C. and Rivera-Bustamante, R.F., (2003). 'Tomato mottle Taino virus pseudorecombines with PYMV but not with ToMoV: Implications for the delimitation of cis- and trans-acting replication specificity determinants'. *Archives of Virology*, 148 (9):1697-1712.
- Raven, P.H., EVERT, R.F. and EICHHORN, S.E., (2007). *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro.
- Resende, L.V., MALUF, W.R., GOMES, L.A.A., MOTA, F.M.F. and RESENDE, J.T.V., (2004). 'ANÁLISE DIALÉLICA DE FIRMEZA DE FRUTOS EM CULTIVARES E LINHAGENS DE TOMATEIRO (Lycopersicon esculentum Mill.)'. In: Fitotecnia (ed): UFLA-MG, 7.
- Resende, R.O. and Cupertino, F.P., (1996). 'Doenças causadas por vírus em tomateiro'. *Informe Agropecuário*, 18:19-27.
- Rezende, E.A., Filgueira, F.A.R., Zerbini, F.M., Maciel-Zambolim, E., Fernandes, J.J. and Gilbertson, R.L., (1996). 'Tomato infected with geminivirus in greenhouse conditions at Uberlândia-MG, Brazil'. *Fitopatologia Brasileira*, 21:424.
- Ribeiro, S.G., Ambrozevícius, L.P., Avila, A.C., Bezerra, I.C., Calegario, R.F., Fernandes, J.J., Lima, M.F., Mello, R.N., Rocha, H. and Zerbini, F.M., (2003). 'Distribution and genetic diversity of tomato-infecting begomoviruses in Brazil.' *Arch Virol*, 148 (2):281-295.
- Ribeiro, S.G., Lohuis, H., Goldbach, R. and Prins, M., (2007a). 'Tomato chlorotic mottle virus is a target of RNA silencing but the presence of specific short interfering RNAs does not guarantee resistance in transgenic plants'. *Journal of Virology*, 81 (4):1563-1573.
- Ribeiro, S.G., Martin, D.P., Lacorte, C., Simões, I.C., Orlandini, D.R.S. and Inoue-Nagata, A.K., (2007b). 'Molecular and biological characterization of Tomato chlorotic mottle

- virus suggests that recombination underlies the evolution and diversity of Brazilian tomato begomoviruses'. *Phytopathology*, 97:702-711.
- Ribeiro, S.G., Mello, L.V., Boiteux, L.S., Kitajima, E.W. and Faria, J.C., (1994). 'Tomato infection by a geminivirus in the Federal District, Brazil'. *Fitopatologia Brasileira*, 19:330.
- Rodriguez-Negrete, E.A., Carrillo-Tripp, J. and Rivera-Bustamante, R.F., (2009). 'RNA Silencing against Geminivirus: Complementary Action of Posttranscriptional Gene Silencing and Transcriptional Gene Silencing in Host Recovery'. *Journal of Virology*, 83 (3):1332-1340.
- Rojas, M.R., Hagen, C., Lucas, W.J. and Gilbertson, R.L., (2005). 'Exploiting chinks in the plant's armor: Evolution and emergence of geminiviruses'. *Annual Review of Phytopathology*, 43:361-394.
- Rojas, M.R., Jiang, H., Salati, R., Xoconostle-Cazares, B., Sudarshana, M.R., Lucas, W.J. and Gilbertson, R.L., (2001). 'Functional analysis of proteins involved in movement of the monopartite begomovirus, tomato yellow leaf curl virus'. *Virology*, 291 (1):110-125.
- Rojas, M.R., Noueiry, A.O., Lucas, W.J. and Gilbertson, R.L., (1998). 'Bean dwarf mosaic geminivirus movement proteins recognize DNA in a form- and size-specific manner'. *Cell*, 95:105-113.
- Salati, R., Shorey, M., Briggs, A., Calderon, J., Rojas, M.R., Chen, L.F., Gilbertson, R.L. and Palmieri, M., (2010). 'First Report of Tomato yellow leaf curl virus Infecting Tomato, Tomatillo, and Peppers in Guatemala'. *Plant Disease*, 94 (4).
- Salguero, V., (1993). 'Perspectivas para el manejo del complejo mosca blanca-virosis'. In: Hilje, L. and Aarboleda, O. (eds). *Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central e El Caribe*. Turrialba: CATIE, 20-26.
- Sambrook, J. and Russel, D., (2001). *Molecular Cloning - A Laboratory Manual (3^a ed.)*. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sanderfoot, A.A., Ingham, D.J. and Lazarowitz, S.G., (1996). 'A viral movement protein as a nuclear shuttle. The geminivirus BR1 movement protein contains domains essential for interaction with BL1 and nuclear localization'. *Plant Physiol*, 110 (1):23-33.
- Sanderfoot, A.A. and Lazarowitz, S.G., (1995). 'Cooperation in viral movement: The geminivirus BL1 movement protein interacts with BR1 and redirects it from the nucleus to the cell periphery'. *Plant Cell*, 7:1185-1194.
- Sanderfoot, A.A. and Lazarowitz, S.G., (1996). 'Getting it together in plant virus movement: Cooperative interactions between bipartite geminivirus movement proteins'. *Trends in Cell Biology*, 6:353-358.
- Santos, C.D.G., Ávila, A.C., Inoue-Nagata, A.K. and Resende, R.O., (2004). 'Espécies vegetais hospedeiras de begomovírus isolados de tomateiro em Goiás e no Distrito Federal'. *Fitopatologia Brasileira*, 29:450-455.

- Santos, C.D.G., Gonçalves, M.F.B. and Oliveira, O.R., (2003). 'Detecção por ELISA de begomovírus em plantas daninhas presentes em áreas produtoras de tomateiro no estado do Ceará'. *Fitopatologia Brasileira*, 28(Supl.):252.
- Sanz, A.I., Fraile, A., García-Arenal, F., Zhou, X., Robinson, D.J., Khalid, S., Butt, T. and Harrison, B.D., (2000). 'Multiple infection, recombination and genome relationships among begomovirus isolates found in cotton and other plants in Pakistan'. *Journal of General Virology*, 81:1839-1849.
- Saunders, K., Briddon, R.W. and Stanley, J., (2008). 'Replication promiscuity of DNA-beta satellites associated with monopartite begomoviruses; deletion mutagenesis of the Ageratum yellow vein virus DNA-beta satellite localizes sequences involved in replication'. *Journal of General Virology*, 89:3165-3172.
- SECEX, (2010). 'Sistema de análise das informações de comércio exterior via internet'. In: Exterior, S.d.C. (ed).
- Shaner, G. and Finney, R.E., (1977). 'The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat'. *Phytopathology*, 70 (8):1183-1186.
- Silva, A.F., Pinto, J.M., França, C.R.R.S., Sabrina, C.F., Gomes, T.C.A., Silva, M.S.L. and Matos, A.N.B., (2007). 'Preparo e Uso de Biofertilizantes Líquidos'. In: Semi-Árido, E. (ed): EMBRAPA Semi-Árido.
- Silva, L.V.d., GRAVENA, S. and BENVENGA, S.R., (1998). 'Manejo ecológico de pragas e doenças do tomateiro envarado (ciclo de inverno): redução de pulverizações por monitoramento'. In: Brasil, S.E.d. (ed). *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17, ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 8, 1998*. Rio de Janeiro, 375.
- Silva, M.B., Morandi, M.A.B., Paula Junior, T.J.d., Venzon, M. and Fonseca, M.C.M., (2010). 'Extratos de plantas e seus derivados no controle de doenças e pragas.' In: Madalaine Venson, T.J.d.P.J.e.A.P. (ed). *Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica*. Viçosa, MG: EPAMIG-ZM, 33-54.
- Silveira, C.A. and Albert, I.B.J., (2001). 'Uma nova espécie de mosca-branca preocupa a agricultura brasileira.' *Correio Agrícola*. São Paulo, 11-13.
- Simmons, A.M., (1994). 'Oviposition on vegetables by Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyroidae): temporal and leaf surface factors'. *Environ. Entomol.*, 23:381-389.
- Souza, A.P. and VENDRAMIM, J.D., (2005a). 'Efeito translaminar, sistêmico e de contato de extrato aquoso de sementes de nim sobre Bemisia tabaci (Genn.) biótipo B em tomateiro'. *Neotr. Entomol.*, 34:83-87.
- Souza, A.P. and VENDRAMIM, J.D., (2005b). 'Efeito translaminar, sistêmico e de contato de extrato aquoso de sementes de nim sobre Bemisia tabaci (Genn.) biótipo B em tomateiro'. *Neotr. Entomol.*, 34:83-87.
- Stanley, J., (1995). 'Analysis of African cassava mosaic virus recombinants suggest strand nicking occurs within the conserved nonanucleotide motif during the initiation of rolling circle DNA replication'. *Virology*, 206:707-712.

- Stanley, J., Bisaro, D.M., Briddon, R.W., Brown, J.K., Fauquet, C.M., Harrison, B.D., Rybicki, E.P. and Stenger, D.C., (2005). 'Family *Geminiviridae*'. In: Fauquet, C.M., Mayo, M.A., Maniloff, J., Desselberger, U. and Ball, L.A. (eds). *Virus Taxonomy. Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. San Diego: Elsevier Academic Press, 301-326.
- Sunter, G., Hartitz, M.D., Hormuzdi, S.G., Brough, C.L. and Bisaro, D.M., (1990). 'Genetic analysis of tomato golden mosaic virus: ORF AL2 is required for coat protein accumulation while ORF AL3 is necessary for efficient DNA replication'. *Virology*, 179:69-77.
- Toscano, L.C., BOIÇA JÚNIOR, A.L. and MARUYAMA, W.I., (2004). 'Avaliação de Aspectos Fisiológicos de Três Genótipos de Tomateiro Infestados por Bemisia tabaci (Gennadius) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)'. *Neotropical Entomology*, 33 (6):777-782.
- Torres-Pacheco, I., Garzón-Tiznado, J.A., Brown, J.K., Becerra-Flora, A. and Rivera-Bustamante, R., (1996). 'Detection and distribution of geminiviruses in Mexico and the Southern United States'. *Phytopathology*, 86:1186-1192.
- Trinks, D., Rajeswaran, R., Shivaprasad, P.V., Akbergenov, R., Oakeley, E.J., Veluthambi, K., Hohn, T. and Pooggin, M.A., (2005). 'Suppression of RNA silencing by a geminivirus nuclear protein, AC2, correlates with transactivation of host genes'. *Journal of Virology*, 79 (4):2517-2527.
- Van den Bosch, F., Akudibilah, G., Seal, S. and Jeger, M., (2006). 'Host resistance and the evolutionary response of plant viruses'. *Journal of Applied Ecology*, 43 (3):506-516.
- van der Walt, E., Rybicki, E.P., Varsani, A., Polston, J.E., Billharz, R., Donaldson, L., Monjane, A.L. and Martin, D.P., (2009). 'Rapid host adaptation by extensive recombination'. *Journal of General Virology*, 90:734-746.
- Vanitharani, R., Chellappan, P., Pita, J.S. and Fauquet, C.M., (2004). 'Differential roles of AC2 and AC4 of cassava geminiviruses in mediating synergism and suppression of postranscriptional gene silencing'. *J Virol*, 78 (17):9487-9498.
- Venzon, M., OLIVEIRA, H.G., SOTO, A., OLIVEIRA, R.M., FREITAS, R.C.P. and LOPES, I.P.C., (2008). 'Potencial de produtos alternativos para o controle de pragas'. In: POLTRONIERI, L.S.I., A.K.N (ed). *Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas*. Belém: Embrapa Amazônia, 263-287.
- Venzon, M., PAULA JÚNIOR, T.J., PINTO, C.M.F., OLIVEIRA, R.M. and BONOMO, I.S., (2010). 'Insumos alternativos para o controle de pragas e doenças.' *Informe Agropecuário*, 108-115.
- Villas-Boas, G.L. and Castelo Branco, M., (1990). 'Manejo integrado de pragas em hortaliças'. In: FERNANDES, O.A.C., A. do C. B.; BORTOLI, S. A. (ed). *I Simposio de Manejo Integrado de Pragas*. Jaboticabal: FUNEP, 147-150.
- Villas Bôas, G.L. and Castelo Branco, M., (2009). 'Manejo integrado da mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo b) em Sistema de Produção Integrada de Tomate Indústria (PITI)'. In: CNPH, E.C.B.-E.-. (ed): Circular Técnica 70, 16.

- Villas Bôas, G.L., Inoue-Nagata, A.K., Lima, R.S., Pereira, W. and Giordano, L.B., (2003). 'Avaliação de plantas daninhas como possíveis hospedeiras de mosca-branca.' *Hortic. Bras.*, 21 (2):344.
- Vitório, A.C., Pequeno, M.G., Alves, M.D. and Lima, H.O.S., (2004). 'MONITORAMENTO POPULACIONAL DA MOSCA BRANCA *Bemisia tabaci* EM VARIEDADES DE MANDIOCA NA REGIÃO CENTRO OCIDENTAL DO PARANÁ'. In: Agronomia (ed): Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/CM).
- Voinnet, O., Pinto, Y.M. and Baulcombe, D.C., (1999). 'Suppression of gene silencing: A general strategy used by diverse DNA and RNA viruses of plants'. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 96 (24):14147-14152.
- Wang, H., Hao, L.H., Shung, C.Y., Sunter, G. and Bisaro, D.M., (2003). 'Adenosine kinase is inactivated by geminivirus AL2 and L2 proteins'. *Plant Cell*, 15 (12):3020-3032.
- Warnock, S.J., (1988). 'A review of taxonomy and phylogeny of genus *Lycopersicon*.' *HortScience*, 23 (4):669-673.
- Zakri, A., Ziegler, A., Torrance, L., Fischer, R. and Commandeur, U., (2010). 'Generation and characterization of a scFv against recombinant coat protein of the geminivirus tomato leaf curl New Delhi virus'. *Archives of Virology*, 155 (3).
- Zerbini, F.M., Andrade, E.C., Barros, D.R., Ferreira, S.S., Lima, A.T.M., Alfenas, P.F. and Mello, R.N., (2005). 'Traditional and novel strategies for geminivirus management in Brazil
doi:10.1071/AP05088'. *Australasian Plant Pathology*, 34 (4):475-480
- Zerbini, F.M., Koike, S.T. and Gilbertson, R.L., (1995). 'Biological and molecular characterization of lettuce mosaic potyvirus isolates from the Salinas Valley of California'. *Phytopathology*, 85 (7):746-752.
- Zerbini, F.M., Zambolim, E.M., Carrijo, I.V. and Gilbertson, R.L., (1996). 'A new bipartite geminivirus infecting tomatoes in Minas Gerais, Brazil'. *Phytopathology*, 86:S1.
- Zhou, Y.C., Noussourou, M., Kon, T., Rojas, M.R., Jiang, H., Chen, L.F., Gamby, K., Foster, R. and Gilbertson, R.L., (2008). 'Evidence of local evolution of tomato-infecting begomovirus species in West Africa: characterization of tomato leaf curl Mali virus and tomato yellow leaf crumple virus from Mali'. *Archives of Virology*, 153 (4):693-706.