



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**Bases Ecológicas para o Manejo de *Bemisia tabaci* (Genn.)
Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em Sistemas Orgânicos
de Produção de Tomate**

PEDRO HENRIQUE BRUM TOGNI

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília sob a orientação do Prof. Dr. Edison Ryoiti Sujii.

Brasília, DF
2009

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

PEDRO HERIQUE BRUM TOGNI

Bases Ecológicas para o Manejo de *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em Sistemas Orgânicos de Produção de Tomate

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Banca Examinadora:

Dr. Edison Ryoiti Sujii
Orientador - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Dra. Madelaine Venzon
Membro Titular – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Dra. Helena Castanheira de Moraes
Membro Titular – Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília

Dra. Maria Alice de Medeiros
Suplente – Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças

Brasília, Março de 2009

À minha família que sempre me apoiou e incentivou nas minhas escolhas. Em especial, a minha querida mãe Sílvia Brum, exemplo de superação e determinação e ao meu amado filho Bruno S. Togni, maior alegria e motivação da minha vida

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Especialmente ao meu orientador, Dr. Edison R. Sujii, pelos valiosos ensinamentos, pela cuidadosa e prestativa orientação, por ter viabilizado este trabalho, por ter acreditado em mim, pela grande amizade, pelos momentos de descontração e pelo exemplo de profissionalismo. Não é possível expressar em tão poucas palavras a imensa gratidão que sinto por essa pessoa.

À Dra. Maria Alice de Medeiros (Embrapa Hortaliças), que também gostaria de agradecer em especial, por ter viabilizado o trabalho antes, durante e depois de sua realização, por ter acreditado em mim e no trabalho, pela amizade, pela presteza e dedicação, pelo incentivo e pelas valiosas sugestões e incentivos para trabalhar com agroecologia.

À Prof. Dra. Helena C. Moraes e ao Prof Dr. Jhon Hay pelo apoio nos trâmites burocráticos em relação à minha orientação pelo Dr. Edison R. Sujii e por todo apoio ao longo de todo o mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e a UnB pela oportunidade de aperfeiçoamento em um curso de alta qualidade

À Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e Embrapa Hortaliças pela disponibilização da infra-estrutura e materiais necessários para a realização do trabalho.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida durante a realização do mestrado

À Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal (FAD-DF), Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Orgânica do Distrito Federal (CDTOrg-DF) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico(CNPq) pelo apoio estrutural e financeiro ao trabalho.

Ao Dr. Raúl A. Laumann (Embrapa Cenargen) por ter viabilizado a realização do capítulo 1, pelos ensinamentos sobre o funcionamento do olfatômetro junto à Michely S. Aquino, pela identificação das famílias de parasitóides e pela revisão cuidadosa do capítulo 1.

Ao Dr. Miguel Michereff Filho (Embrapa Hortaliças) pelas sugestões e aconselhamentos quase que diários durante a realização do trabalho de campo, pela grande atenção dispensada comigo e pela cuidadosa revisão do capítulo 2.

À Dra. Carmen S.S. Pires (Embrapa Cenargen) que sempre incentivou e motivou o meu trabalho, e pela revisão crítica e cuidadosa do capítulo 3 que muito contribuíram para a melhor apresentação dos dados.

Ao Dr. Waldir A. Marouelli (Embrapa Hortaliças) pelo apoio e colaboração durante a realização do experimento de campo e por prontamente enviar vários artigos sobre irrigação no tomateiro quando solicitei sua ajuda

Ao Dr. Francisco V. Resende (Embrapa Hortaliças) que prontamente me apoiou antes e durante a realização do experimento de campo, esclarecendo muito sobre o tomate.

Às Dras. Flávia Alcântara e Mirian Baptista da Embrapa Hortaliças que permitiram que eu utilizasse a área de seus experimentos em 2007 para realização do teste de metodologias e do projeto piloto.

Ao Dr. Paulo Q. Silva pela ajuda e paciência na identificação do biótipo da mosca-branca e à Dra Rose G. Monnerat por ter permitido o uso do Laboratório de Bacteriologia da Embrapa Cenargen

À Dra. Alice K. Inoue-Nagata (Embrapa Hortaliças) pela identificação das viroses das amostras foliares de tomateiro coletadas em campo e discussões sobre o trabalho

À Dra. Dépora P. Paula (Embrapa Cenargen) pela ajuda no entendimento as análises moleculares e por ter dado o caminho para a redação dos anexos

Aos amigos Leonardo Langer, Cristina Gravina, Kelly Cavalcante, André Monteiro, Vinícius Ferreira e Paloma Milane que foram pessoas fundamentais na realização deste trabalho. Obrigado pelo grande empenho de todos em suas atividades. Sem esse empenho e entusiasmo não seria possível a realização deste trabalho.

Ao técnico M.Sc. Ronaldo Setti da Embrapa Hortaliças pelo grande profissionalismo que demonstrou durante a realização de suas atividades e apoio incondicional nos experimentos de campo e fornecimento de insetos para as colônias.

Ao Adam Zeilinger por ter revisado o Abstract

A equipe de operários rurais da Embrapa Hortaliças chefiados pelo Josimar (Kellyane, Wagner, Jaílson, Ronan, Ronaldinho, Pedrinho, Fred, etc.) e a todos os demais que participaram do experimento de campo. Sem essas pessoas seria impossível a manutenção do campo de tomate na qualidade na qual foi conduzido.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas sugestões e críticas ao trabalho e pela revisão cuidadosa do texto que muito contribuíram para melhora da dissertação

À todos os participantes, dentre professores e alunos, do curso Ecologia da Floresta Amazônica (EFA) 2007, que com muito humor e entusiasmo mostraram uma nova perspectiva de estudo da ecologia que certamente contribuiu para minha formação.

Aos demais colegas bolsistas, estagiários e pesquisadores do Laboratório de Ecologia e Semioquímicos de Insetos da Embrapa Cenargen que sempre me apoiaram na realização do trabalho, especialmente a Dra. Paulina A. Ribeiro e Luciane Xavier, pelas orientações sobre o cultivo do tomate e discussões sobre estatística.

Ao amigo Pedro Cirotto pela amizade e apoio ao longo de todo o curso

À minha excepcional família que é responsável por eu estar aqui hoje, em especial à minha companheira Lívia que me aturou e se manteve firme ao meu lado nesse período

Para citar diretamente o nome de todas as pessoas que contribuíram ao trabalho seriam necessárias várias páginas a mais. A todas essas pessoas sou muito grato por terem feito tanto por mim, mesmo que alguns não estivessem diretamente envolvidos no trabalho.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMO GERAL	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUÇÃO GERAL	1
O tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> (Solanaceae)	1
Insetos-praga no cultivo de tomate	2
<i>Bemisia tabaci</i> biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)	4
Agroecologia e o manejo de insetos praga	11
CAPÍTULO I: Influência dos Voláteis Constitutivos do Tomateiro e do Coentro na Seleção de Hospedeiro por <i>Bemisia tabaci</i> Biótipo B	18
Resumo	18
Introdução	19
Materiais e Métodos	21
Resultados	27
Discussão	31
CAPÍTULO II: Manejo Ecológico de <i>Bemisia tabaci</i> Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) pela Conservação de Inimigos Naturais (Insecta) em Tomateiro Orgânico	43
Resumo	43
Introdução	44
Materiais e Métodos	46
Resultados	51
Discussão	55
CAPÍTULO III: Efeito da Irrigação e do Consórcio Tomate+Coentro na Dispersão de <i>Bemisia tabaci</i> Biótipo B e na incidência de <i>Begomovirus</i> em Tomateiro Orgânico	69
Resumo	69
Introdução	70
Materiais e Métodos	72

Resultados.....	76
Discussão.....	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXO	109

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1.1: Comparação do tempo de residência (s) (média + erro padrão) de machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* Biótipo B e entre sexos em cada tratamento avaliado. Cada indivíduo foi observado por 900 segundos em olfatômetro de quatro vias. 38
- Tabela 1.2: Comparação do número de visitas (média + erro padrão) de machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* Biótipo B e entre sexos em cada tratamento avaliado em olfatômetro de quatro vias..... 40
- Tabela 1.3: Comparação do tempo de residência (s) (média + erro padrão) de machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* Biótipo B e entre sexos em cada tratamento avaliado (Tomate, Coentro, Tomate+coentro, Branco). Cada indivíduo foi observado por 900 segundos em olfatômetro de quatro vias..... 41
- Tabela 1.4: Comparação do tempo de residência (s) (média + erro padrão) de machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* Biótipo B nos tratamento Branco e Coentro e tempo de permanência em cada tratamento entre os sexos. Cada indivíduo foi observado por 900 segundos em olfatômetro de quatro vias..... 42
- Tabela 2.1: Abundância de adultos (média + desvio padrão) de *B. tabaci* capturados em armadilhas adesivas amarelas em três momentos do ciclo do tomateiro nos tratamentos (N= 16 por parcela) monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferiram significativamente ($P>0,05$) pelo teste de Dunn..... 63
- Tabela 2.2: Abundância e número de espécies por planta (média + desvio padrão) e diversidade de inimigos naturais (Shannon-Wiener) coletados em plantas de tomate e de coentro nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC) em sistema orgânico de produção do campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008. Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferiram significativamente ($P>0,05$) pelo teste Dunn..... 65
- Tabela 2.3: Ocorrência de inimigos naturais nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigadoS por gotejamento (GTC) e importância relativa da abundância de cada espécie para o agroecossistema calculado a partir da porcentagem de similaridade entre os tratamentos (SIMPER). Campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama- DF, 2008. 66
- Tabela 2.4: Quantidade de plantas amostradas, frutos comerciais e massa (Kg) dos frutos comerciais de tomate orgânico (média + desvio padrão) colhidos nos tratamentos

monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. Nos tratamentos irrigados por gotejamento foram realizadas seis colheitas e na aspersão sete colheitas. Produtividade calculada a partir de uma área de 50 m². 68

Tabela 3.1: Número de adultos (média + EP) de *Bemisia tabaci* biótipo B por planta de tomate e parâmetros dos semivariogramas durante o período de amostragem no campo Experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. R² = coeficiente de determinação do modelo, C₀ = variação do efeito pepita, C₀ + C = platô, *a* = alcance, C₀/C₀+C = variância dos dados. 86

Tabela 3.2: Parâmetros dos semivariogramas para plantas de tomate em que foi confirmada a presença de *Begomovirus* transmitidos por *Bemisia tabaci* biótipo B. Amostragem realizada após a primeira colheita de tomate orgânico irrigado por gotejamento e por aspersão no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. R² = coeficiente de determinação, C₀ = variação do efeito pepita, C₀ + C = platô, *a* = alcance, C₀/C₀+C = variância dos dados. 89

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1: Seqüência de montagem do experimento em olfatômetro de múltipla escolha do tipo X. (A) isolamento da parte área das plantas com papel alumínio, (B) plantas de interesse dentro de cubas herméticas para utilização de seus voláteis no bioensaio, (C) conexão das cubas herméticas com a arena de observação e (D) Placas de acrílico montadas para formação da arena de observação..... 37
- Figura 1.2: Proporção de insetos escolhendo os tratamentos Tomate (resposta positiva) e Branco (resposta negativa) por machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* biótipo B em olfatômetro tipo X. A proporção de escolhas do tratamento Branco corresponde à soma das escolhas em três vias do olfatômetro (ver texto). *Diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) pelo teste do Qui-quadrado..... 37
- Figura 1.3: Tempo para escolha inicial (média + erro padrão) de um dos tratamentos por machos e fêmeas acasalados e virgens de *Bemisia tabaci* biótipo B em olfatômetro de quatro vias. Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Dunn. 38
- Figura 1.4: Relação entre a probabilidade de escolher inicialmente o tratamento Tomate e tempo de residência neste tratamento por machos e fêmeas de *Bemisia tabaci* biótipo B em olfatômetro de quatro vias..... 39
- Figura 1.5: Proporção de indivíduos, fêmeas ou machos de *Bemisia tabaci* biótipo B, escolhendo os tratamentos Tomate, Coentro, Tomate+coentro e Branco em olfatômetro de quatro vias. * Diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) pelo teste do Qui-quadrado. 39
- Figura 1.6: Tempo para escolha inicial (média + erro padrão) de um dos tratamentos (Tomate, Coentro, Tomate+coentro e Branco) por machos e fêmeas acasalados e virgens de *Bemisia tabaci* Biótipo B em olfatômetro de quatro vias. Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Dunn. 40
- Figura 1.7: Proporção de escolhas iniciais dos tratamentos Branco (valores positivos) e coentro (valores negativos) por machos e fêmeas de *Bemisia tabaci* Biótipo B em olfatômetro de quatro vias. A proporção de escolhas do tratamento Branco corresponde à soma das escolhas em três vias do olfatômetro (ver texto para detalhes). * Diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) pelo teste do Qui-quadrado..... 41
- Figura 1.8: Relação entre a probabilidade de escolha do tratamento Branco e tempo de residência de fêmeas virgens de *Bemisia tabaci* biótipo B neste tratamento em olfatômetro de quatro vias. 42
- Figura 2.1: Croqui do experimento na Área de Pesquisa e Produção Orgânica de Hortaliças (APPOH) da Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008.....63
- Figura 2.2: (A) Flutuação populacional de adultos de *B. tabaci* biótipo B durante o ciclo do tomateiro, capturados por armadilhas adesivas amarelas (N= 16 por parcela) nos

tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC) e (B) fases fenológicas do tomateiro. Campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008.. 64

Figura 2.3: Abundância de ninfas de *Bemisia tabaci* biótipo B por folha de tomate (N= 64 plantas por parcela) nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. Médias seguidas das mesmas letras não diferiram significativamente pelo teste Dunn ($P>0,05$). 65

Figura 2.4: Estrutura e composição da comunidade de inimigos naturais coletados nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC) em sistema orgânico de produção no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008. 67

Figura 2.5: Ordenamento das comunidades de inimigos naturais que ocorreram em parcelas de tomate em monocultivo e consorciado com coentro e sob diferentes tipos de irrigação (gotejamento e aspersão) utilizando a técnica de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS). Tratamentos: monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008. Similaridade na estrutura da comunidade entre os tratamentos realizada pelo índice de *Bray-Curtis*. *Shepard plot stress= 0*..... 68

Figura 3.1: Croqui do experimento na Área de Pesquisa e Produção Orgânica de Hortaliças (APPOH) da Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008..... 86

Figura 3.2: Semivariogramas da distribuição espacial de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B em cultivo de tomate orgânico irrigado por gotejamento e por aspersão durante o período de amostragem no campo experimental da Embrapa Hortaliças, 2008. 87

Figura 3.3: Mapas de distribuição espacial da abundância de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomateiro orgânico plantado em monocultivo e consorciado com coentro irrigado por gotejamento e por aspersão no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. Note o detalhe da distribuição espacial das parcelas experimentais na área no topo da figura onde parcelas vermelhas representam o monocultivo de tomate e parcelas verde o consórcio tomate+coentro. Obs.: No dia 08/08/08 não foram amostradas 2 parcelas (uma de cada tratamento) em cada tipo de sistema de irrigação. 88

Figura 3.4: Semivariogramas da distribuição espacial de *Begomovirus* transmitidos por *Bemisia tabaci* biótipo B em cultivo de tomate orgânico irrigado por gotejamento (A) e por aspersão (B) no campo experimental da Embrapa Hortaliças, 2008..... 89

Figura 3.5: Mapa representativo da posição das plantas de tomate infectadas por *Begomovirus* (pontos pretos) sobreposto ao mapa de contorno da abundância de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B no dia 04/09/08 em cultivo de tomate orgânico irrigado por gotejamento (A) e por aspersão (B) no campo experimental da Embrapa Hortaliças, 2008. 89

RESUMO GERAL

A mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B é considerada uma das principais pragas do tomateiro por causar perdas de produtividade devido a danos diretos e pela transmissão de diversas viroses (Geminiviridae). As aplicações de inseticidas para seu controle têm se mostrado cada vez mais incipientes. Isso evidencia a necessidade de novas técnicas de manejo baseado nas interações ecológicas entre a mosca-branca e outros componentes bióticos e abióticos do agroecossistema do tomateiro. Em estudos anteriores o consórcio do tomateiro com coentro reduziu os níveis populacionais de *B. tabaci*, principalmente em sistemas orgânicos de produção. Porém, os mecanismos pelos quais o coentro pode afetar as populações de mosca-branca ainda não são evidentes. O objetivo deste trabalho é gerar bases científicas para o manejo ecológico de *B. tabaci* em cultivos de tomate orgânico a partir do consórcio tomate+coentro e do manejo do tipo de irrigação (gotejamento e aspersão).

No capítulo 1, foi realizado um experimento em olfatômetro de múltipla escolha do tipo X para avaliar se *B. tabaci* é atraída pelos voláteis do tomateiro e como o coentro pode afetar esses padrões. Machos e fêmeas da mosca-branca foram atraídos pelos voláteis constitutivos do tomateiro, indicando que os infoquímicos têm um papel importante na seleção da planta hospedeira por este herbívoro. Entretanto, ao contrário do esperado, os voláteis constitutivos do coentro não foram repelentes para o inseto. Quando apresentados em conjunto com os voláteis do tomateiro houve uma redução na preferência pela escolha dos voláteis do tomateiro por *B. tabaci*.

No capítulo 2, foi comparado em campo a flutuação populacional de *B. tabaci* biótipo B e a ocorrência de predadores e parasitóides em monocultivo de tomate e tomate consorciado com coentro, submetidos a irrigação por gotejamento e por aspersão em diferentes fases fenológicas do tomateiro. Adultos e ninfas de *B. tabaci* foram menos abundantes nos tratamentos consorciados com coentro, principalmente após as cinco primeiras semanas de amostragem e nos tratamentos irrigados por aspersão. Quanto aos inimigos naturais, foi verificada maior abundância e diversidade de espécies nos tratamentos com coentro, principalmente após a floração e quando irrigado por aspersão. O tipo de irrigação e o consórcio com o coentro afetaram de forma distinta a abundância de diferentes grupos de inimigos naturais como joaninhas, moscas predadoras e parasitóides.

No capítulo 3, objetivou-se descrever os padrões espaciais de adultos de mosca-

branca no início do ciclo da cultura do tomateiro irrigado por aspersão ou gotejamento e plantado em monocultura ou em consórcio com coentro. A população inicial que colonizou os tomateiros apresentou um padrão agregado nos dois sistemas de irrigação na primeira semana de amostragem. No gotejamento esse padrão agregado se manteve ao longo do período de amostragem, enquanto que na aspersão o efeito mecânico da água sobre os indivíduos alterou a distribuição da população que passou a aleatória. O consórcio com o coentro reduziu a colonização das plantas de tomate por *B. tabaci*. As populações permaneceram agregadas principalmente nas parcelas de monocultivo de tomate, sendo mais evidente no gotejamento onde não há ação mecânica da água sobre os indivíduos. A dispersão do *Begomovirus* acompanhou a dispersão do vetor na área sendo observado um padrão agregado no gotejamento e aleatório na aspersão. Portanto, o consórcio tomate+coentro e a irrigação por aspersão afetaram a distribuição espacial de adultos de mosca-branca e a incidência de viroses associadas.

Esses resultados reforçam a importância do plantio do coentro antes do transplante do tomateiro para o campo. Contudo, ainda são necessários novos trabalhos para identificar os voláteis produzidos pelas plantas e verificar a interação química entre estes e *B. tabaci*. Apesar de ser recomendado o plantio de tomate em sistemas irrigados por gotejamento devido à incidência de doenças, este trabalho demonstra que para mosca-branca a irrigação por aspersão pode ser mais favorável para seu controle e favorece a abundância e diversidade de inimigos naturais. Dessa forma, essas duas práticas culturais (consórcio tomate+coentro e tipo de irrigação) podem ser estratégias eficientes como medida preventiva para colonização, estabelecimento, distribuição e incidência de *B. tabaci* e *Begomovirus* em cultivos de tomate orgânico durante o período de baixa precipitação pluviométrica

Palavras-chave: Agroecologia, interação inseto-planta, controle biológico conservativo, *Coriandrum sativum*, dinâmica populacional.

ABSTRACT

The whitefly *Bemisia tabaci* biotype B stands out, among the diverse community of pest herbivores that colonize the tomato crop, due to the direct damages and transmission of several pathogenic viruses (Geminiviridae) causing productivity losses. The spraying of insecticides for its control selects resistant populations and promotes the dispersion of adults to other cropped areas. This shows the necessity of new techniques based on knowledge of several ecological interactions relating the tomato and the biotic and abiotic components of tomato agroecosystem. Previous field observations showed that the intercropping of coriander and tomato crops together can reduce the population levels of *B. tabaci*, mainly in organic crop system. Therefore, how coriander can affect the whiteflies populations is unknown. The objective of this work was to generate new scientific bases for the ecological management of *B. tabaci* in organic tomato crop systems through intercropping with coriander and managing irrigation systems (sprinklers and drip).

Chapter 1: A multiple-choice test in an olfactometer (X type) was conducted to evaluate if *B. tabaci* is attracted by the tomato volatiles and how the coriander volatiles can affect this pattern. Male and female of whiteflies were attracted by constitutive volatiles of tomato plants showing that these infochemicals have an important role in plant selection by this herbivore. However, on the contrary of what was expected, the constitutive volatiles of coriander alone were not repellent to the insect. Nonetheless, when exposed in a combination with tomato volatiles, there was a reduction in the preference of *B. tabaci* for tomato plants.

Chapter 2: The dynamics of *B. tabaci* populations and the occurrence of predators and parasitoids in tomato monocultures and tomato-coriander bicultures, submitted to drip and sprinklers irrigation, were compared during different phenological stages of tomato plants. Adults and nymphs of *B. tabaci* were less abundant in the tomato-coriander biculture treatments, mainly after the five first weeks of sampling, and in the plots irrigated by sprinklers. Higher abundance and species diversity of natural enemies was observed in the treatments with coriander, mainly after its flowering and in the treatments under sprinklers irrigation. The irrigation management and the consortium with coriander affected distinctly the abundance of different groups of natural enemies, such as ladybeetles, predaceous flies, and parasitoids. This knowledge will be helpful in the conservation biological control of different tomato pests, and in

different periods of the year.

Chapter 3: The spatial distribution pattern of whitefly adults during the colonization period in tomato monoculture and the tomato-coriander biculture and irrigated by drip or sprinkler was described. The initial population that colonized tomato plants in the first sampling week showed a clumped pattern in both drip and sprinklers irrigation systems. The clumped population pattern remained in all sampling periods in the drip system. On the other hand, the mechanical effect of the water from sprinklers on the individuals changed the aggregation pattern from a clumped distribution to a random distribution. The tomato-coriander biculture reduced the plant colonization by *B. tabaci* compared to the monoculture. The adult population remained clumped, mainly in the plots of single cropped tomato, remaining more evident in plots with drip irrigation where there is no mechanical action of water on the adults. The dispersion of *Begomovirus* followed the vector dispersion in the area, and it was observed a clumped pattern under the drip irrigation and a random distribution pattern under the sprinklers irrigation. This way, the tomato-coriander biculture and the irrigation by sprinklers affected the spatial distribution of whitefly adults and the incidence of viruses.

These results reinforce the importance of planting coriander before the tomato plant in order to diminish the colonization rate of whitefly and reduce the losses caused by disease. Additional studies are needed to identify the volatiles produced by plants and understand the chemical interactions of these volatiles and *B. tabaci*. Natural enemies specific against these species of whitefly should also be evaluated for population control. Instead of recommendations for irrigating tomato crop by drip system to reduce disease attack, this study showed that for whitefly control the sprinklers system is more efficient. This way, these two cultural practices can be efficient strategies as measures to prevent colonizing and establishing of *B. tabaci* and *Begomovirus* in organic tomato crops during the period of low incidence of rains.

Key-words: Agroecology, insect-plant interaction, conservation biological control, *Coriandrum sativum*, population dynamics

INTRODUÇÃO GERAL

O tomate *Lycopersicon esculatum* (Solanaceae)

A família Solanaceae contém muitas espécies importantes para a agricultura. Dentre estas destacam-se o tomate *Lycopersicon esculatum*, a batata *Solanum tuberosum*, o pimentão *Capsicum cordiforme*, as pimentas *Capsicum* spp. e o tabaco *Nicotiana tabacum* (Atherton & Rudich, 1986). Nessa família já foram descritos mais de 2000 espécies em 90 gêneros (Knapp, 2002). Em áreas naturais de Cerrado essa família é bem representada, com mais de 30 espécies ente herbáceas e arbustivas descritas em diferentes fitofisionomias (Cavalcanti & Ramos, 2001).

As espécies selvagens de tomate são provenientes da região dos Andes e sua domesticação foi realizada inicialmente por tribos indígenas do México. O gênero *Lycopersicon* é relativamente pequeno quando comparado a grande diversidade da família Solanaceae. Mesmo assim, análises moleculares comprovaram alta similaridade entre os gêneros *Lycopersicon* e *Solanum* (ver referências em Knapp, 2002). As características e deiscência das anteras são utilizadas para separação entre esses dois gêneros (Giordano & Ribeiro, 2000). Nas espécies cultivadas de *Lycopersicon* as plantas são tipicamente autógamias, com baixa porcentagem de polinização cruzada, que quando ocorre é devido à ação de insetos polinizadores (Delaplane & Mayer, 2000).

Devido à grande versatilidade de uso alimentar e alto valor nutritivo o tomate *L. esculatum* é uma das hortaliças de maior importância mundial, sendo superada apenas pela batata *S. tuberosum* (Giordano & Ribeiro, 2000; Silva & Giordano, 2000). É uma planta anual herbácea que pode se desenvolver de forma ereta, semi-ereta ou rasteira de acordo com a finalidade. O tomate para processamento industrial é produzido de forma rasteira e em campo aberto para produção de molhos e extratos. O tomate de mesa, para consumo *in natura*, pode ser produzido em campo aberto ou em ambiente protegido (telados e casas-de-vegetação) e necessita de tutoramento. O tutoramento pode ser realizado com estacas de bambu, madeira ou arames em sistema tipo “varal”. Essa prática tem como objetivo manter a planta ereta e os frutos afastados do solo (Souza & Resende, 2006). No caso do plantio de tomate para consumo *in natura* são utilizadas variedades de crescimento indeterminado.

A irrigação da cultura deve ser iniciada no dia seguinte do transplante das mudas, sendo recomendado o uso de tensiômetros para controle da frequência e quantidade de água aplicada (Maroueli, 2008). A frequência e tipo de irrigação dependem das características do solo, clima e cultivar (Souza & Resende, 2006) e podem gerar aumento ou redução da produtividade de acordo com a técnica utilizada (Marouelli *et al.*, 2000). O tipo de irrigação (*e.g.* aspersão, gotejamento, sulcos) pode também ser um fator a ser considerado no manejo de insetos e doenças no tomateiro (Marouelli *et al.*, 2005) de acordo com a fase fenológica da cultura (Marouelli & Silva, 2006). Entretanto, a maior parte das informações disponíveis sobre os tipos de sistema de irrigação são sobre o cultivo de tomateiro para processamento industrial, havendo ainda uma carência de informações em outros tipos de sistema de manejo, como na agricultura orgânica.

O tomate destaca-se dentre as hortaliças cultivadas no Brasil em área plantada (56.275 ha), em produção (3.356.456 toneladas) e produtividade (57,9 t/ha), sendo cultivado em todas as regiões brasileiras sob diferentes sistemas de manejo (IBGE, 2007). Em estados como São Paulo, Minas Gerais e Goiás a produção dessa hortaliça é altamente tecnificada, sendo produzido principalmente tomate para processamento industrial. O cultivo de tomate de mesa também é realizado por grandes produtores, porém a demanda interna do país é suprida principalmente por pequenos agricultores familiares (IBGE, 2007). Por isso, a cultura do tomate é uma importante geradora de renda para produtores que praticam desde agricultura familiar a produções em larga escala. Na região central do Brasil vem ocorrendo uma rápida expansão agrícola, inclusive da tomaticultura, devido à localização próxima ao mercado consumidor e pela própria demanda interna da região (Verdesio, 1994; Klink & Moreira, 2002).

Insetos-praga no cultivo de tomate

No processo de melhoramento genético das variedades de tomateiro as características priorizadas foram as relacionadas ao aumento da produtividade. Entretanto, no decorrer desse processo foi dada pouca atenção às defesas físicas (*e.g.* pilosidade) e químicas (metabólitos secundários tóxicos a herbívoros) da planta (Souza & Reis, 2003). Por isso, as variedades atualmente utilizadas apresentam alta produtividade por planta, porém são altamente susceptíveis aos insetos e doenças, o que dificulta a produção, principalmente em sistemas orgânicos (Souza & Resende, 2006).

Essa cultura possui uma ampla entomofauna associada sendo estimado em mais de 200 espécies de insetos herbívoros em todo o mundo (Lange & Bronson, 1981).

As pragas do tomateiro podem ser agrupadas quanto ao tipo de dano ocasionado na planta (Souza & Reis, 2003). Existem os insetos sugadores de seiva como pulgões (Hemiptera: Aphididae), tripses (Thysanoptera: Thripidae), moscas-branca (Hemiptera: Aleyrodidae), cigarrinhas (Hemiptera: Cercopidae e Cicadellidae) e percevejos (Hemiptera: Coreidae). Esses insetos causam danos ao tomateiro devido à sucção de seiva e podem ser transmissoras de diversas viroses e ocorrem em diferentes fases fenológicas da cultura (Lange & Bronson, 1981). Insetos como as vaquinhas (Coleoptera: Chrysomelidae) são mastigadores de folhas sendo abundantes em diversas regiões produtoras do Distrito Federal (Laumann *et al.*, 2004). Insetos minadores como a traça-do-tomateiro (Lepidoptera: Gelechiidae) e larva-minadora (Diptera: Agromyzidae) constroem galerias nas folhas, destruindo o parênquima foliar e causando secagem das folhas (França *et al.*, 2000). Todos estes insetos são importantes ao longo de todo o ciclo da cultura, pois podem reduzir a capacidade fotossintética da planta. Os insetos broqueadores dos frutos ocorrem principalmente a partir das primeiras florações do tomateiro e reduzem o valor comercial dos frutos ou tornam-os impróprios para comercialização. Estes são principalmente espécies de Lepidoptera como a broca-grande (*Helicoverpa zea*), broca-pequena (*Neoleucinodes elegantalis*), lagarta-rosca (*Agrotis* spp.) e a traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) (França *et al.*, 2000).

A traça-do-tomateiro *T. absoluta* e a mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B são consideradas as principais pragas dessa cultura. A traça-do-tomateiro é um inseto especialista que se alimenta em alguns gêneros de solanáceas e é encontrada na região Neotropical (Michereff Filho & Vilela, 2000). As lagartas consomem o parênquima foliar e são broqueadoras dos frutos e em altas infestações podem causar até 100% de perda nas lavouras (Haji *et al.*, 1998). O controle dessa espécie é realizado principalmente pela aplicação de inseticidas mais seletivos em rotação com outros grupos químicos (Castelo-Branco *et al.*, 2001). Devido à dificuldade no controle das principais pragas do tomateiro pelo uso de inseticidas, é crescente a quantidade de trabalhos visando o conhecimento e emprego de inimigos naturais, no controle biológico principalmente da traça-do-tomateiro e da mosca-branca. Para a traça-do-tomateiro já foram registradas espécies em diferentes famílias de parasitóides, vespas, formigas, neuropteros, aranhas e percevejos (França *et al.*, 2000). Espécies de *Trichogramma* são as mais estudadas em programas de controle biológico dessa espécie

e podem ser uma alternativa economicamente viável em relação aos inseticidas (Medeiros *et al.*, 2006).

A mosca-branca *B. tabaci* biótipo B pode causar danos diretos pela sucção de seiva ou indiretos pela transmissão de um complexo de viroses (Oliveira *et al.*, 2001; EMPPO, 2004). Os imaturos dessa espécie excretam uma substância açucarada que ao cair na folha favorecem o crescimento do fungo fumagina que reduz a capacidade fotossintética da planta e o valor comercial dos frutos (Villas-Bôas *et al.*, 1997). Os principais danos são causados pela transmissão de diversas viroses que causam amarelecimento e engruvinhamento das folhas, nanismo das plantas, amadurecimento irregular dos frutos e isoporização da polpa (Villas-Bôas *et al.*, 1997). Os principais vírus transmitidos pertencem a família Geminiviridae como o vírus do mosaico dourado e têm causado altas perdas de produtividade em todo o Brasil (Faria *et al.*, 2000).

A grande plasticidade genotípica de *B. tabaci* biótipo B e a alta resistência a inseticidas tornam ainda mais difícil o controle dessa espécie (Oliveira *et al.*, 2001). Por isso, em todo o mundo muito esforço tem sido feito para conhecer os inimigos naturais dessa espécie (ver referências em Gerling *et al.*, 2001) e utilizar práticas culturais que minimizem os danos causados por esse inseto (Hilje *et al.*, 2001).

***Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)**

Características, Histórico e Distribuição Geográfica

As moscas-brancas, apesar de popularmente chamadas de “moscas” são pequenos insetos (0,6 - 2,0 mm) sugadores de seiva, com dois pares de asas membranosas e corpo amarelado, recobertos por uma substância pulverulenta branca e pertencem a Ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha, superfamília Aleyrodoidea e família Aleyrodidae (Byrne & Bellows Jr., 1991). Nesta superfamília já foram descritas mais de 1400 espécies em aproximadamente 140 gêneros, com distribuição geográfica cosmopolita, não sendo encontrada apenas nos pólos (Oliveira *et al.*, 2005). A posição sistemática dos Aleyrodidae é próxima a dos pulgões (Hemiptera: Aphididae) e a dos psilídeos (Hemiptera: Psyllidae), que também compõem a subordem Sternorrhyncha (Triplehorn & Johnson, 2007).

Bemisia tabaci foi primeiramente descrita por Gennadius em 1889 na Grécia como *Aleyrodes tabaci*. Os primeiros indivíduos foram encontrados em plantas de

tabaco *Nicotiana tabacum* e eram chamadas de moscas pelos trabalhadores rurais e alteravam o sabor do fumo pela transmissão de viroses. Após o primeiro registro foram observadas esporadicamente em diferentes culturas por todo o mundo, sendo descritas várias sinônimas dessa espécie (ver lista completa em Perring, 2001). Nos 50 anos subseqüentes aos primeiros registros da espécie foram relatadas explosões populacionais esporádicas em diversas regiões como Índia, Turquia, Israel, Califórnia, Brasil e México (Oliveira *et al.*, 2005). As culturas mais atacadas eram o algodão, tomate, feijão e mandioca. Durante este período os registros mais importantes foram os de infestações em Israel, Sudão (década de 70) e posteriormente na Flórida (1986) (ver lista completa de referências de ocorrência de *B. tabaci* em Oliveira *et al.*, 2005).

Os primeiros registros de *B. tabaci* no Brasil foram realizados no final da década de 60 e início da década de 70 em São Paulo e Paraná ocorrendo surtos populacionais nas culturas de algodão, tomate e feijão (Costa *et al.*, 1976). Em 1991 foram registrados indivíduos dessa espécie em tomateiro e em plantas invasoras no estado de São Paulo, provavelmente introduzidas no país pela importação de plantas ornamentais (Lourenção & Nagai, 1994). Posteriormente foram feitos registros, também em tomate, no Distrito Federal (França *et al.*, 1996; Faria *et al.*, 1997; Ribeiro *et al.*, 1998) e no Submédio do Vale São Francisco (Pernambuco e Bahia) em tomate, melão, melancia, abóbora, feijão, pimentão e uva (Haji *et al.*, 1996). Lima *et al.* (2002) coletaram diversas populações de mosca-branca no Brasil, sendo identificadas predominantemente como biótipo B ou, em algumas localidades, como Br, que é um biótipo nativo. Atualmente o biótipo B já está presente em quase todos os países da América Latina e em quase todos os estados brasileiros (Morales & Jones, 2004).

Frolich *et al.* (1999) utilizando marcadores moleculares de DNA mitocondrial e De Barro *et al.* (2000) verificaram alta similaridade genética em populações de *B. tabaci* em diferentes regiões do mundo. Isso sugere um agrupamento dos biótipos com variações filogenéticas, determinado pela ocorrência predominante em cada região geográfica (De Barro *et al.*, 2003). Perring (2001) em uma revisão sobre trabalhos que utilizaram diferentes técnicas moleculares para identificação de *B. tabaci*, identificou 24 biótipos em 41 populações de mosca-branca no mundo, agrupadas pela sua distribuição geográfica. Este autor sugeriu que *Bemisia tabaci* compreendia então um “complexo de espécies”. Dentre esses biótipos o B é considerado o mais agressivo, pois apresenta alto grau de polifagia, se alimentando em mais de 600 espécies de plantas hospedeiras e está presente em todas as regiões do planeta, exceto nos pólos (Oliveira *et al.*, 2001). Essa

espécie de mosca-branca é considerada uma das 100 espécies invasoras mais importantes do mundo (Oliveira *et al.*, 2001).

Perring *et al.* (1993) e Bellows *et al.* (1994) observaram características específicas no modo de transmissão e expressão do sintoma das viroses na planta. Por isso propuseram que *B. tabaci* biótipo B era uma nova espécie denominada *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring. Entretanto essa denominação não é amplamente aceita e por isso *B. argentifolii* é considerada sinonímia de *B. tabaci* biótipo B (De Barro *et al.*, 2005). Além disso, existem relatos onde o cruzamento do biótipo B com A produziria poucos descendentes, sugerindo que são parte do mesmo complexo de espécies.

Geminivirus transmitidos por Bemisia tabaci biótipo B

Bemisia tabaci biótipo B pode ser vetor de diferentes tipos de viroses (família Geminiviridae) a várias espécies de plantas hospedeiras (Jones, 2003). O genoma dos geminivírus são constituídos por duas moléculas de DNA (genoma bipartido) do tipo fita simples circular (Ramirez & Rivera-Bustamante, 1996). A identificação de *Begomovirus* é feita por técnicas moleculares, principalmente por hibridização e PCR (Nagata *et al.*, 2004), dentre outros métodos que facilitam a clonagem de DNA dos isolados (Inoue-Nagata, 2004).

Os *Begomovirus* são transmitidos por moscas-brancas de forma persistente, circulativa e não-propagativa e a capacidade de transmissão varia entre os biótipos sendo o biótipo B o que apresenta maior facilidade de transmissão de diferentes isolados (Jones, 2003). Por serem sésseis as ninfas não são importantes na dispersão dessas viroses como são os adultos (Jones, 2003).

No tomateiro Costa *et al.* (1976) identificaram o mosaico dourado, encarquilhamento da folha e engrujo como doenças transmitidas pela mosca-branca. Posteriormente foram identificadas muitas espécies de begomovírus no Brasil. Ribeiro *et al.* (1998) e Ribeiro *et al.* (2003) identificaram, pela análise da seqüência de nucleotídeos, seis e sete novas espécies de begomovírus, respectivamente, em diferentes regiões no Brasil. Fernandes *et al.* (2008) verificaram a predominância de três espécies de begomovírus no país, sendo duas destas novos registros. Atualmente existem 13 espécies desse gênero que são isolados do Brasil, como *Tomato golden mosaic virus* (TGMV), *Tomato mottle leaf curl virus* e *Tomato golden vein virus*. As espécies encontradas no Brasil formam um grupo distinto das demais regiões do mundo, o que

indica que estes evoluíram isoladamente e independente na região. Por outro lado, as relações entre planta-vetor-vírus ainda são pouco compreendidas.

Biologia e ecologia

Os adultos de *Bemisia tabaci* medem entre 0,5-0,8 mm sendo os machos menores que as fêmeas e menos abundantes. Em média a proporção sexual é de 1,5-2 machos para cada fêmea, variando entre regiões. Os machos também apresentam menor longevidade do que as fêmeas (Gerling & Horowitz, 1986). Essa espécie apresenta reprodução sexuada ou partenogênese arrenótoca (produz apenas descendentes machos). Devido a essa característica as fêmeas virgens podem colonizar novas áreas, realizar a oviposição e aguardar até que ocorram machos para a cópula de sua própria progênie (Gill, 1990).

As moscas-brancas podem deslocar-se por longas distâncias carregadas por correntes de vento (Riis & Nachman, 2006). Smith & McSorley (2000), discutem que um dos principais fatores que influenciam na maneira em que *B. tabaci* coloniza a área está relacionada com o tipo de corrente de vento no local. A mosca branca possui tamanho menor que 1 cm e por isso a colonização de novas áreas é um processo relativamente passivo onde a duração é controlada pelo inseto, dependendo do reconhecimento de pistas visuais (Gatehouse, 1997). Entretanto, essa espécie também é capaz de manter vôo ativo com intenso batimento de asas por até 2 h e alguns autores sugerem que na população existem indivíduos com pouca ou alta tendência de dispersão, assim como observado em populações de afídeos ápteros e alados. Byrne (1999) marcou indivíduos de *B. tabaci* e depois os liberou em campo. O monitoramento das armadilhas demonstrou um padrão bimodal de dispersão ocorrendo picos de captura próximo à área de liberação (indivíduos sem tendência a dispersão entre áreas) e a 2,2 km de distância (indivíduos com tendências a grandes dispersões), podendo ou não estar relacionado com a direção predominante do vento. Alguns indivíduos foram encontrados a 7 km do ponto de liberação. Isso sugere que *B. tabaci* também pode controlar ativamente a direção do vôo não sendo este um processo inteiramente passivo. Em geral realizam vôos altos durante a colonização de novas áreas e vôos baixos entre plantas dentro do sistema, podendo se deslocar entre áreas em “nuvens” provenientes de cultivos vizinhos (Riis & Nachman, 2006). Entretanto, nenhum desses trabalhos considera o papel dos semioquímicos na colonização de novos hospedeiros.

Ao colonizarem uma nova área os indivíduos provam o alimento e iniciam a oviposição (Byrne & Bellows Jr, 1991). Os ovos são piriformes ou reniformes, colocados sobre um pedúnculo e são branco-amarelados nos primeiros dias e marrons próximo a eclosão. A fêmea coloca os ovos na região abaxial da folha, exceto em altas densidades populacionais, sendo depositados de 100-300 ovos por fêmea podendo colocar até mais de 500 (Gill, 1990). O tempo de eclosão dos ovos é em média de sete dias, variando principalmente em função da temperatura (Villas-Bôas *et al*, 2002).

No primeiro instar a ninfa apresenta coloração transparente e se move, em geral, poucos centímetros em busca de um local favorável para inserção do estilete na folha. Nos ínstars posteriores (II, III e IV) o inseto permanece imóvel realizando sucção contínua da seiva (Gill, 1990). O último instar das ninfas apresenta algumas características que não são comuns em outros insetos e possui três fases até a emergência do adulto, sendo referido na literatura como pupário (Oliveira *et al.*, 2001, 2005). Este termo implica que, apesar de hemípteros, apresentam certo grau de holometabolia, porém bem diferente do que ocorre em outras famílias que apresentam desenvolvimento completo. Na primeira fase deste estágio ainda ocorre alimentação e os indivíduos possuem coloração clara. Em seguida, a coloração fica opaca e começa o processo de apólise, diminuição da alimentação e surgimento dos processos laterais. Na última fase, os indivíduos apresentam, geralmente, coloração amarelada do corpo e os olhos vermelhos do adulto, o que facilita sua identificação em campo. Durante este período não ocorre alimentação e em seguida o adulto emerge. A duração do período ovo-adulto é de em média 20-25 dias (Byrne & Bellows Jr.).

A mosca branca, *B. tabaci*, se alimenta em mais de 600 espécies de plantas hospedeiras e a seleção da planta hospedeira não está relacionada a fatores de stress da planta como deficiência de adubação, colonizando igualmente plantas com diferentes teores de macro e micronutrientes, (Feltrin *et al.*, 2002). Portanto, os indivíduos se beneficiam principalmente da exploração de diferentes hospedeiros. Entretanto, esse inseto possui preferência por determinados hospedeiros como demonstrado por Bernays (1999) em testes com chance de escolha. Por outro lado, Inbar *et al.* (2001) discutem que *B. tabaci* coloniza preferencialmente plantas mais vigorosas e com reduzida produção de metabólitos secundários (Inbar *et al.*, 2001). Por isso, o ciclo biológico da mosca-branca é afetado pela planta hospedeira, pelas variedades de uma mesma espécie e pela qualidade nutricional do alimento (Villas-Bôas *et al.*, 2002).

Em repolho, a 25°C, o período de ovo-adulto é de $20,5 \pm 0,3$ dias com $36,9 \pm$

5,1% de mortalidade, no feijão esse período é de $21,9 \pm 0,7$ dias e $79,2 \pm 4,1\%$ de mortalidade, em poinsetia $26,6 \pm$ dias e $35,7 \pm 4,7\%$ de mortalidade e em tomate o período de ovo-adulto é de $22,4 \pm 0,4$ dias apresentando $9,3 \pm 2,9\%$ de mortalidade nesse período, sendo a razão sexual da população diferente em função da planta hospedeira (Villas-Bôas *et al.*, 2002). Salas & Mendoza (1995) obtiverem em tomate 22,3 dias de período ovo-adulto, enquanto Gerling *et al.* (1984) encontraram uma média de 10-15 ($>20^{\circ}\text{C}$) dias no período do verão e 30-60 dias no inverno ($<15^{\circ}\text{C}$) em campo.

Após a emergência do adulto os indivíduos podem ser influenciados por pistas químicas ou visuais do ambiente circundante, fazendo-o permanecer na área, ou a pistas visuais da coloração do céu, que serve como estímulo para o vôo em grandes distância e alturas (Byrne, 1999). Os indivíduos que permanecem na área tendem a voar para o terço superior da planta em busca de parceiros para o acasalamento. Após a corte e acasalamento, a fêmea deposita seus ovos no terço superior da planta. Na medida em que a planta cresce os ovos tendem a ficar mais concentrado no terço médio-superior da planta, as ninfas no terço inferior-médio e os adultos no terço superior (Toscano *et al.*, 2002). A maior mortalidade ocorre durante o período de ovo e no quarto ínstar das ninfas, sendo a predação, parasitismo e o desalojamento por ação mecânica da água os principais fatores de mortalidade (Albergaria *et al.*, 2003; Naranjo & Ellsworth, 2005).

Controle

Devido aos danos causados por moscas-brancas e a importância socioeconômica do cultivo de tomate, torna-se evidente a necessidade de controle dessa praga. O método mais amplamente utilizado para controle é o uso de inseticidas que podem ser específicos ou de amplo espectro (Mattos *et al.*, 2003). Devido à ampla plasticidade genotípica da espécie e distribuição cosmopolita, o uso de inseticidas tem se mostrado cada vez menos eficiente (Erdogam *et al.*, 2008). A aplicação desses produtos nas lavouras tem gerado populações resistentes de mosca-branca e favorecido a grande dispersão de adultos para outras áreas. Isso demonstra a necessidade de novas técnicas baseado no conhecimento das interações ecológicas entre herbívoro-planta, planta-vetor-vírus e planta-herbívoro-inimigos naturais.

Além disso, os inseticidas podem afetar de forma inesperada outros organismos não-alvo e o ambiente (Palumbo *et al.*, 2001). Diversos autores argumentam que os inseticidas são causas diretas da mortalidade de inimigos naturais (Natarajan, 1990;

Jones *et al.*, 1995; Simmons & Jackson, 2000; Naranjo, 2001). Conseqüentemente os inseticidas podem afetar o desempenho dos inimigos naturais e a eficiência do controle populacional de herbívoros-praga. A partir da década de 90 o número de trabalhos sobre o efeito dos inseticidas nas populações de inimigos naturais tem aumentado consideravelmente e tem sido apontado o uso de inseticidas de largo espectro como a principal causa da ineficiência de alguns programas de controle biológico de *B. tabaci* (Naranjo, 2001).

Como grande parte de inimigos naturais são polípagos, estes podem sobreviver por longos períodos sem a utilização das plantas cultivadas, utilizando espécies alternativas como abrigo e fonte alimentar (Altieri, 1999). Letourneau & Goldstein (2001) realizaram um estudo comparativo na Califórnia da comunidade de artrópodes em 18 fazendas produtoras de tomate (sendo nove orgânicas e nove convencionais). Esse estudo demonstrou que os danos por pragas nos dois sistemas de manejo não foi significativamente diferente, porém a fauna de artrópodes e inimigos naturais encontrados no sistema orgânico foi maior. Da mesma forma Berry & Wratten (1996), encontraram maior abundância e diversidade de predadores e parasitóides em cenoura sob sistema de cultivo orgânico em relação ao sistema de cultivo convencional, na Nova Zelândia. Os resultados sugerem que a não intervenção química foi compensada pela atuação dos inimigos naturais de diversas pragas, nesses dois estudos.

Para essa espécie de mosca branca, Gerling *et al.* (2001), catalogaram 114 espécies de predadores, pertencendo a nove ordens, 31 famílias e 48 espécies de parasitóides. A maioria dos predadores são coleópteros (Coccinellidae), hemípteros (Miridae, Anthocoridae), neurópteros (Chrysopidae, Coniopterygidae), ácaros predadores (Phytoseiidae) e aranhas em geral (Aranea). Esses autores argumentam que diversas técnicas de manejo do ambiente como disponibilidade de habitat, disponibilidade de alimento alternativo (néctar e pólen) e atributos físicos e químicos, podem influenciar diretamente no aumento da abundância dos inimigos naturais.

Naranjo & Ellsworth (2005) montaram tabelas de vida para *B. tabaci*, estabelecendo 14 coortes em campos de algodão e identificaram os valores marginais de mortalidade para essa espécie. Dentre as causas de mortalidade analisadas, a predação, parasitismo e desalojamento por ação mecânica da água foram identificados como fatores-chave com o maior valor marginal de mortalidade para as fases imaturas do inseto. É importante ressaltar que nesse trabalho não houve aplicação de inseticida, o que pode favorecer a ocorrência de inimigos naturais. Em quiabeiro, por exemplo, a

predação e fatores abióticos são responsáveis pela mudança na dinâmica populacional desse herbívoro, ocasionando maior produtividade da planta (Leite *et al.*, 2005).

O favorecimento da abundância de predadores e parasitóides pela consorciação de culturas e o desalojamento das ninfas de *B. tabaci* pela ação mecânica da água (irrigação e chuva) representam 70,7% dos principais fatores de mortalidade para essa espécie em algodão (Naranjo, 2001), não havendo informações como essas para *B. tabaci* no tomateiro. Flint *et al.* (1996) e Castle (2001), verificaram que o tipo de irrigação (gotejamento ou aspersão) e a frequência podem afetar diretamente as populações de *B. tabaci* em algodoeiro pelo desalojamento do inseto e por favorecer a qualidade nutricional da planta. Também foram registradas reduções nas populações de mosca-branca após períodos de chuva, apesar de não ser identificada a quantidade de chuva necessária para causar esse padrão (Hennebery *et al.*, 1995).

Além dos inimigos naturais algumas práticas culturais podem ser eficientes para reduzir a abundância das populações de mosca-branca e a transmissão de geminivírus, sem a necessidade da aplicação de inseticidas. Essas práticas podem afetar a dinâmica populacional de *B. tabaci* a nível individual, local e regional. Hilje *et al.* (2001), destacam as seguintes práticas: a) períodos sem plantio; b) destruição dos restos culturais; c) calendário de plantio; d) remoção de plantas de crescimento espontâneo; e) exclusão; f) barreiras; g) policultivos; h) coberturas vivas e mortas i) fertilização adequada; h) manejo da irrigação.

Agroecologia e o manejo de insetos praga

Apesar de qualquer sistema de produção agrícola resultar na substituição da diversidade de espécies nativas por poucas espécies, existem métodos de produção que podem resultar em menor impacto sobre a diversidade local (Altieri, 1999). Nesse contexto, a agroecologia visa a compreensão e aplicação dos conceitos ecológicos no estabelecimento e manejo de sistemas agrícolas, tendo como unidade fundamental a diversificação do ambiente (Gliessman, 2005). Nos sistemas agroecológicos de produção o agroecossistema é compreendido como um sistema ecológico que ultrapassa as áreas de plantio, onde ocorrem interações ecológicas dentro do sistema de produção e entre este e as áreas naturais do entorno de forma complementar. Esse conceito de agroecossistema foi proposto por Conway (1987) baseado no conceito de ecossistemas

naturais e adaptado para o contexto de um sistema agro-socio-econômico-ecológico da produção, como definido por este autor. O manejo do agroecossistema é então fundamentado em processos ecológicos ao invés de produtos. Essa compreensão coloca em foco a importância das interações tróficas e da estrutura da comunidade local na estabilidade do agroecossistema (Altieri, 1991; Bender, 1994; Gliessman, 2005).

Além de ser o principal componente dos ecossistemas naturais, a biodiversidade também promove vários serviços ecológicos, que podem inclusive ter valor agregado para aplicá-los no manejo do agroecossistema (Constanza *et al.*, 1997). A persistência desses serviços do ecossistema, que são essencialmente biológicos, depende principalmente da manutenção da diversidade de espécies em vários nichos e guildas funcionais dentro e no entorno do sistema produtivo (Vandermeer, 1995, Dalgaard *et al.*, 2003; Magdoff, 2007). Portanto, a abundância e funcionalidade da biodiversidade dependem principalmente de quatro características do agroecossistema: 1. A diversidade de vegetação dentro do sistema produtivo e no entorno; 2. A permanência de diferentes culturas ao longo do tempo; 3. A intensidade de manejo (ou perturbação); 4. O grau de isolamento ou a distância entre sistema produtivo e áreas naturais.

Nesse sentido, a agricultura orgânica representa uma área promissora para a aplicação de conceitos ecológicos no manejo de pragas. Esse tipo de sistema de produção considera a diversificação vegetal do sistema a unidade fundamental da produção. Também possui representatividade econômica movimentando cerca de US\$ 220 milhões a US\$ 300 milhões por ano no Brasil e está em contínua expansão (Vilela *et al.*, 2006). Do total da área ocupada com agropecuária orgânica no país, 65% está representado na região Centro-Oeste, onde a sazonalidade do clima e as condições edáficas locais facilitam essa atividade. Nessa região, são produzidos diversos produtos agrícolas como soja, milho e hortaliças em geral e os principais envolvidos nesse processo são pequenos produtores familiares (Sousa & Resende, 2006; Vilela *et al.*, 2006).

Andow (1991), em uma revisão sobre o efeito da diversificação do sistema produtivo em artrópodes observou que em 51,9% dos trabalhos revisados houve redução na população de herbívoros em sistemas diversificados (policulturas= conjunto de espécies cultivadas na mesma área e consórcio= tipo de policultura onde as espécies são plantadas de forma intercalada, do inglês '*intercropping*'), 12,6% não apresentaram diferença, 15,3% foi maior e em 20,2% dos casos a resposta foi variável. Por outro lado, em 52,7% dos trabalhos revisados as populações de inimigos naturais foram maiores em

policultivos e apenas em 9,3% foram menores. Esses padrões são variáveis em relação ao espectro de hospedeiros dos herbívoros, carecendo ainda de mais estudos. Por isso, a consorciação de culturas na agricultura orgânica pode ser utilizada de modo preventivo a colonização por insetos praga, trocando produtos (*e.g.* inseticidas) por processos ecológicos.

Existem diversas hipóteses para explicar o beneficiamento das interações ecológicas em policulturas comparadas às monoculturas, porém muitas dessas apresentam limitações devido a pouca evidência experimental. Atualmente a hipótese da concentração de recursos, a hipótese dos inimigos naturais, interferência química e física na colonização e a teoria de pousos apropriados e inapropriados são as mais aceitas e trabalhadas. As principais características de cada uma dessas teorias são:

- Hipótese dos inimigos naturais: Essa hipótese prevê que em sistemas mais diversificados a população de insetos fitófagos tende a ser menor do que em sistemas homogêneos devido a maior abundância, diversidade e eficiência dos inimigos naturais (Root, 1973). Portanto, o controle dos herbívoros é alcançado pelos efeitos indiretos do aumento da diversidade de espécies vegetais no sistema, pois proporcionam maior quantidade de habitats e recursos alimentares alternativos aos inimigos naturais.

- Hipótese da concentração de recursos: Diferente da hipótese dos inimigos naturais, o foco desta hipótese é na seleção da planta hospedeira pelo herbívoro ao invés de na regulação dessas populações por inimigos naturais. Em monoculturas o recurso é mais abundante e facilmente reconhecido na paisagem facilitando o encontro e estabelecimento dos herbívoros nos hospedeiros. Por isso, em monoculturas insetos fitófagos tendem a permanecer mais tempo em seus hospedeiros e freqüentemente apresentam maiores taxas de crescimento populacional do que em policulturas. Essa hipótese também foi proposta por Root (1973), não sendo sua elaboração mutuamente exclusiva da hipótese anterior. Por isso, além de ocorrer uma redução na pressão das populações de presas pelos seus inimigos naturais o recurso é mais difícil de ser reconhecido pelo herbívoro em sistemas diversificados (Altieri *et al.*, 2001).

- Interferência física e química: Esse tópico engloba uma série de hipóteses concentradas na interação química e visual entre inseto-planta no processo de colonização e principalmente estabelecimento em seus hospedeiros. A elaboração desta hipótese é fundamentada principalmente na dificuldade de estabelecimento das populações de herbívoros no interior dos cultivos e não na dificuldade de seleção de uma mancha de recurso adequado para alimentação e reprodução do inseto, como na

hipótese anterior. A obstrução física ocorre quando, por exemplo, são plantadas espécies com tamanho ou largura superior ao da cultura principal. Essa estratégia reduz a colonização por herbívoros, pois “escondem” a cultura principal ou dificultam o movimento entre plantas dos indivíduos. Também pode haver o mascaramento visual da planta hospedeira dificultando o encontro da mesma. Feeny (1976) sugere que nesse caso as plantas são menos aparentes no ambiente, o que dificulta a localização do hospedeiro. Quanto à interferência química esta é em geral mediada por semioquímicos e pode ser pelo mascaramento da planta hospedeira ou uso de plantas repelentes. Os insetos também utilizam pistas químicas (voláteis de plantas) a longo média e curta distância para o encontro de seu hospedeiro. Quanto mais diverso for o ambiente maior a quantidade de voláteis presentes, o que aumenta a dificuldade do inseto fazer a diferenciação entre os voláteis do hospedeiro e não hospedeiro (Price, 1997). Em outros casos os voláteis exalados por algumas plantas podem ser repelentes a algumas espécies de herbívoros.

- Pousos apropriados e inapropriados: Essa hipótese é relativamente nova na literatura sendo proposta por Finch & Collier (2000) e é baseada principalmente em mecanismos comportamentais e reconhecimento de pistas olfativas. Portanto, esses autores propõem que o estabelecimento da população em determinado hospedeiro depende da decisão de cada indivíduo em permanecer ou não na área, gerando um padrão que pode ser evidenciado em nível de população. Inicialmente o inseto reconhece a planta hospedeira por estímulos visuais e a medida que se aproxima os odores das plantas são o estímulo para o pouso. Ao chegar à planta hospedeira o inseto prova o alimento consecutivamente em diferentes locais próximos um do outro. Se o somatório dos estímulos for positivo o indivíduo tende a permanecer na área. Em policultivos podem haver várias plantas que não são hospedeiras e representam um estímulo negativo no momento em que o inseto prova o alimento. Quando existem muitos estímulos negativos o inseto tende a deixar a área em busca de novos locais para a colonização. Essa hipótese foi proposta inicialmente para insetos generalistas, pois outros mecanismos mais complexos podem estar envolvidos na seleção de hospedeiros por insetos especialistas devido ao seu menor número de hospedeiros.

Apesar dessas hipóteses terem sido elaboradas em épocas distintas e cada uma delas apresentar determinadas particularidades em relação a escala abordada (*e.g.* inseto-planta, população-mancha de recurso e influência do terceiro nível trófico sobre o segundo), não podem ser consideradas mutuamente exclusivas. Alguns mecanismos de

seleção de hospedeiro como procura, reconhecimento e estabelecimento são evidentes em todas essas hipóteses, diferindo principalmente em relação ao tipo de interação abordada por cada autor ou autores.

Exemplo de manejo ecológico de B. tabaci biótipo B no tomateiro

Na Costa Rica, Hilje & Stansly (2008) verificaram que o consórcio tomate+coentro reduziu a densidade de *B. tabaci* e a incidência de viroses no tomateiro, sem a necessidade de aplicação de inseticidas. Apesar disso, neste trabalho não foram feitas diferenciações na eficiência deste consórcio em diferentes tipos de sistema de produção como convencional e orgânico. No Brasil, trabalhando com *T. absoluta*, Medeiros (2007) também relatou padrão semelhante de não preferência deste inseto por plantios consorciados de tomate+coentro. Ao comparar esse consórcio em sistemas orgânicos e convencionais houve uma redução ainda maior na preferência por parcelas plantadas em sistemas orgânicos. Além disso, o coentro pode gerar renda extra para o produtor, as sementes são de fácil acesso e não necessita de muitos tratos culturais o que facilita sua utilização para o consórcio de culturas. Entretanto *T. absoluta* é um inseto especialista que se alimenta em alguns gêneros da família Solanaceae enquanto que *B. tabaci* se alimenta em mais de 600 espécies de plantas hospedeiras. Devido a essa diferença no espectro de hospedeiros esses dois insetos podem apresentar diferenças na resposta ao consórcio com o coentro.

A partir dessas observações, Togni *et al.* (2007) avaliaram a dinâmica populacional da mosca-branca em tomate plantado em monocultura e consorciado com coentro sob manejo orgânico e convencional. Estes autores verificaram que a abundância de *B. tabaci* foi semelhante nas parcelas em que o tomateiro foi plantado em monocultura, independente do sistema de produção (convencional e orgânico). Ao plantar o tomateiro consorciado com o coentro houve uma redução do número de adultos nas parcelas. No sistema orgânico o consórcio tomate+coentro foi considerado ainda mais eficiente, pois foi observada menor densidade de ninfas por folha do tomateiro em comparação ao sistema convencional. Além disso, a abundância dos inimigos naturais avaliados foi próxima ao dobro nas parcelas estabelecidas em sistema orgânico, sendo verificada uma correlação negativa entre o número de ninfas de *B. tabaci* e abundância de inimigos naturais apenas nesse sistema. Portanto, foi confirmado um padrão de não-preferência de *B. tabaci* por plantios consorciados de

tomate+coentro, principalmente em sistemas orgânicos, mas os mecanismos envolvidos neste padrão não foram apresentados, carecendo de mais estudos nesse sentido.

Devido à dificuldade de manejo, importância de *B. tabaci* no cultivo de tomate e pela carência de informações que subsidiem o manejo ecológico deste herbívoro, principalmente em sistemas orgânicos, onde as informações na literatura ainda estão longe de ser consenso. Visando conhecer os mecanismos que regulam a colonização do tomateiro pela mosca branca e influenciam sua dinâmica populacional de forma a gerar as bases científicas para o manejo ecológico de *Bemisia tabaci* biótipo B os objetivos deste trabalho foram:

1. Avaliar se os voláteis constitutivos do tomateiro são importantes na seleção dessa planta como hospedeira para *B. tabaci* e como os voláteis constitutivos do coentro podem afetar a preferência da mosca-branca pelo tomateiro. Provavelmente os voláteis do tomateiro são atrativos para mosca-branca, ao passo que os voláteis do coentro podem ser repelentes, o que diminui a preferência deste inseto pelo tomateiro.
2. Avaliar como o consórcio com o coentro e o manejo da irrigação podem afetar a flutuação populacional de *B. tabaci* no tomateiro e avaliar os possíveis efeitos benéficos do coentro na comunidade de inimigos naturais. Devido a menor colonização de *B. tabaci* em tomateiro consorciado com coentro, essa população deve se manter em menores níveis populacionais ao longo do ciclo da cultura em relação ao monocultivo de tomate. Portanto, devido a disponibilidade de recursos alternativos deve haver maior abundância e diversidade de inimigos naturais nos cultivos consorciados de tomate+coentro que podem aumentar a produtividade da cultura por reduzir as populações de suas presas. Da mesma forma que para a população de mosca-branca, a ação mecânica da água pode ter efeitos negativos na comunidade inimigos naturais pelo desalojamento de adultos e imaturos.
3. A partir de observações em campo, determinar como o coentro e o tipo de irrigação (aspersão e gotejamento) podem alterar os padrões de colonização e distribuição do inseto no tomateiro. Nesse sentido, o consórcio tomate+coentro deve reduzir a abundância dos adultos colonizadores, principalmente quando irrigado por aspersão devido ao desalojamento de adultos e ninfas. Isso poderá influenciar também nos danos causados a cultura pela transmissão de viroses ao tomateiro.

Para responder a essas questões essa dissertação foi estruturada em três capítulos que abordam as interações inseto-planta em relação aos voláteis do tomateiro e do

coentro, controle biológico conservativo de *B. tabaci* em tomateiro orgânico e a dinâmica de colonização do inseto no início do ciclo do tomateiro. O primeiro capítulo aborda os padrões de atratividade da mosca-branca por voláteis constitutivos do tomateiro e a influência dos voláteis do coentro nesses em um experimento controlado em laboratório. No segundo capítulo foram abordados aspectos referentes ao controle biológico dessa espécie ao longo do ciclo da cultura do tomate plantado em monocultivo ou em consórcio com coentro em sistema orgânico com irrigação por gotejamento e por aspersão e como o coentro pode beneficiar a comunidade de inimigos naturais no sistema. O terceiro capítulo trata dos padrões de colonização desse inseto em tomate monocultivo comparado ao consórcio tomate+coentro em sistema orgânico com diferentes sistemas de irrigação (aspersão e gotejamento) e o impacto na epidemiologia do *Begomovirus*.

CAPÍTULO I

Influência dos Voláteis Constitutivos do Tomateiro e do Coentro na Seleção de Hospedeiro por *Bemisia tabaci* Biótipo B

Resumo

Em campo, o consórcio tomate+coentro diminui a abundância de *B. tabaci* quando comparado ao monocultivo de tomate. Entretanto, os mecanismos pelos quais o coentro pode afetar a seleção do tomateiro como planta hospedeira deste inseto ainda não é evidente. O objetivo deste capítulo é avaliar se os voláteis constitutivos do tomateiro são importantes na seleção dessa planta como hospedeira para *B. tabaci* e avaliar como os voláteis constitutivos do coentro podem afetar a seleção do tomateiro como hospedeira de *B. tabaci*. Para isso, foi realizado um experimento em olfatômetro de múltipla escolha tipo “X” com machos e fêmeas virgens e acasalados de *B. tabaci*. O comportamento dos indivíduos quanto à atratividade dos voláteis constitutivos do tomateiro para mosca-branca, influência dos voláteis do coentro na preferência pelo tomateiro e caracterização de padrões de repelência dos voláteis constitutivos do coentro para *B. tabaci* foram avaliados. Os voláteis constitutivos do tomateiro atuaram como cairomônios para *B. tabaci* biótipo B, pois machos e fêmeas foram atraídos para as áreas de maior concentração desses voláteis no olfatômetro. Os voláteis do coentro não foram repelentes para *B. tabaci* biótipo B, mas reduzem a preferência pelos voláteis do tomateiro. Apenas as fêmeas virgens evitaram as áreas de maior concentração dos voláteis do coentro no olfatômetro, reconhecendo este como um estímulo negativo e caracterizando um padrão de repelência. Por isso, possivelmente os voláteis do coentro devem mascarar os voláteis do tomateiro para a mosca-branca dificultando o encontro da planta hospedeira. Outros mecanismos de ação do coentro na dinâmica populacional de *B. tabaci*, como atração de inimigos naturais, ainda devem ser avaliados para seu uso no manejo ecológico deste herbívoro-praga no tomateiro.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, *Coriandrum sativum*, mosca-branca, semioquímicos, comportamento, interação inseto-planta.

Introdução

A mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) é um inseto cosmopolita que se alimenta em mais de 600 espécies de plantas hospedeiras, e possui alta plasticidade genotípica (Byrne & Bellows Jr., 1991; Oliveira, 2001; Perring, 2001). Sua importância como praga de diversas culturas se deve aos danos diretos causados pela sucção contínua de seiva e por ser vetor de fitovírus de grande expressão econômica (Oliveira *et al.*, 2005). Indivíduos desta espécie migram entre áreas cultiváveis carregados por correntes de vento, em um processo relativamente passivo, ou em vôos ativos em curtas distâncias exibindo tendência a pousar sobre plantas hospedeiras quando reconhecem o recurso alimentar distribuído em manchas (Riis & Nachman, 2006). Esse padrão de reconhecimento da planta hospedeira seria orientado principalmente por padrões visuais. Isaacs *et al.* (1999), demonstraram que *B. tabaci* reconhece o comprimento de onda refletido pela coloração verde e inicia o comportamento de vôo em direção a esse estímulo.

Após o reconhecimento de uma mancha de recursos, a colonização e o desenvolvimento de *B. tabaci* biótipo B são afetados diretamente pela planta hospedeira. Em feijão, o período ovo-adulto de *B. tabaci* biótipo B é de $21,9 \pm 0,7$ dias enquanto que em tomate é de $22,4 \pm 0,4$ dias e em poinsétia de $26,6 \pm 0,4$ dias. Da mesma forma, os indivíduos ovipositam mais em repolho, tomate e feijão, respectivamente e os fatores-chave de mortalidade também variam entre hospedeiros (Villas-Bôas *et al.*, 2002). Byrne (1999) e Veenstra & Byrne (1998), demonstraram que quando os indivíduos de mosca-branca são expostos a diferentes hospedeiros simultaneamente estes tendem a se movimentar mais, migram entre plantas mais frequentemente e permanecem menos tempo se alimentando no mesmo local do que quando comparado com a exposição dos indivíduos a apenas uma espécie de planta hospedeira. Padrões semelhantes foram observados em *B. tabaci* por Bird & Kruger (2006) em análises comportamentais utilizando tomate, feijão e repolho juntos e separadamente em experimentos com e sem chance de escolha. Outro fator importante, e ainda pouco estudado, que pode afetar a seleção da planta hospedeira por este herbívoro é o risco de predação inerente à seleção do hospedeiro. Assim, por exemplo, é conhecido que *B. tabaci* evita plantas onde há a presença de predadores, como ácaros, pelo reconhecimento de infoquímicos do predador (Nomikou *et al.*, 2003).

No tomateiro, *B. tabaci* é considerada uma das principais pragas, pois é vetor de

diversas viroses, principalmente da família Gemviridae (Brown, 1994). Observações em campo no Brasil e na Costa Rica demonstraram que quando o tomate é plantado em consórcio com o coentro ocorre uma redução na abundância de indivíduos de mosca-branca e redução do número de plantas com sintomas de geminivírus (Togni *et al.*, 2007; Hilje & Stansly, 2008). Resultados similares são observados para o pulgão *Myzus persicae* em repolho consorciado com coentro (Resende, 2008). O coentro pode atrair diversos predadores de pulgões, tais como os coccinélídeos, resultando na redução da abundância de suas presas (Resende, 2008). Entretanto, para mosca-branca ainda não é evidente o mecanismo no qual o coentro afeta sua dinâmica populacional (Togni *et al.*, 2007). Este pode ser atrativo para inimigos naturais de *B. tabaci* pelo fornecimento de refúgios e alimento alternativo ou seus voláteis constitutivos podem ser repelentes para *B. tabaci* biótipo B.

É possível que a longa distância e após chegar à planta hospedeira a colonização e estabelecimento (*e.g.* alimentação, acasalamento e oviposição) dos indivíduos de mosca-branca possa ser afetado pelo reconhecimento de voláteis constitutivos (infoquímicos) da planta, além de referências visuais. Para outros insetos que ocorrem no tomate como a traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) já foi comprovado que voláteis específicos desta planta são responsáveis pela atração dos adultos e pela resistência a estes por antibiose (Ecole *et al.*, 2000; Suinaga *et al.*, 2004). Outras espécies de hemípteros como o pulgão *Myzus persicae*, o percevejo *Lygus lineolaris* e o pulgão *Brevicoryne brassicae* são atraídos por infoquímicos de diferentes plantas, destacando-se compostos que pertencem aos grupos químicos derivados de ácidos graxos, fenil-propanóides e isoprenóides (Bruce *et al.*, 2005).

O objetivo deste capítulo é avaliar, em condições controladas, se os voláteis constitutivos do tomateiro e coentro afetam os padrões de localização e colonização da planta hospedeira (tomateiro) por indivíduos de *B. tabaci*. As seguintes questões científicas foram formuladas baseadas na hipótese de que voláteis da planta hospedeira atraem a mosca branca e que os voláteis constitutivos do coentro podem interferir no reconhecimento do hospedeiro pelo inseto: 1. Os odores do tomateiro são atrativos para *Bemisia tabaci* Biótipo B, sendo um dos componentes da localização dessa planta como hospedeira? 2. Os voláteis constitutivos do coentro afetam o comportamento da mosca-branca em relação ao tomateiro? 3. Se os voláteis constitutivos do coentro afetam esses padrões, estes possuem um efeito repelente para mosca-branca?

Materiais e Métodos

Os experimentos para avaliar o comportamento de *B. tabaci* Biótipo B foram realizados em olfatômetro de múltipla escolha (tipo X) utilizando os voláteis do tomateiro e do coentro coletados diretamente das plantas em câmaras de aeração e conduzidos por circulação forçada do ar para o olfatômetro.

Olfatômetro

Um olfatômetro de múltipla escolha com formato em X, modificado de Vet *et al.* (1983) foi utilizado no experimento. O olfatômetro é um equipamento utilizado para testar a resposta de insetos frente a diferentes tipos ou concentrações de voláteis (até no máximo quatro tratamentos diferentes), em um teste com chance de escolha. O olfatômetro utilizado foi formado por uma placa de acrílico de 25 cm X 25 cm x 1 cm com um círculo central de 5 cm de diâmetro, onde o inseto era liberado (área de liberação). A área de liberação foi conectada com quatro corredores de 30 x 27 cm com um furo lateral de 0,6 cm de diâmetro, por onde eram conectadas mangueiras de silicone que conduziam os voláteis de interesse. Desta maneira a área de liberação e as vias de entrada dos voláteis de interesse formam a arena de observação.

A placa de acrílico foi posicionada sobre um vidro opaco (30 x 27 cm), por onde o inseto poderia caminhar, e a parte superior foi tampada com uma placa de vidro transparente nas mesmas dimensões, permitindo a observação dos indivíduos. As duas placas de vidro foram presas por prendedores de papel e foram mantidas em posição horizontal para observação dos indivíduos.

A circulação de ar no interior do aparelho foi estabelecida com uma bomba de ar (BETA selent). O ar foi conduzido, inicialmente, para um Erlenmeyer (200 ml) com água destilada, para sua umidificação, seguindo para um filtro de carvão ativado. Após a limpeza e umidificação, o ar foi conduzido com mangueiras de silicone para dentro de uma cuba hermética (volume= 260 cm³) onde foram colocadas as plantas de interesse. Posteriormente à passagem pelo recipiente contendo as fontes de odores o ar foi conduzido, com mangueiras de silicone, até uma das entradas do olfatômetro. O fluxo de entrada de ar em cada braço do olfatômetro foi controlado por um fluxímetro (AFP Inc.). No centro da área de liberação foi conectada uma bomba de sucção (BETA selent) por onde o ar foi sugado formando assim um fluxo de ar contínuo e homogêneo dentro

da arena de observação (Figura 1.1). Os experimentos foram realizados em sala climatizada (26 ± 1 °C) em uma bancada de vidro transparente com uma luz fluorescente de 40 W na parte superior da sala.

Indivíduos utilizados nos bioensaios

Para obter indivíduos de mosca-branca padronizados e em quantidades programadas foi necessário estabelecer uma criação em casa-de-vegetação (27 ± 4 °C e $70 \pm 20\%$ U.R.) na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília-DF. A população inicial foi obtida da criação de *B. tabaci* biótipo B do Laboratório de Entomologia da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, que é mantida em casa-de-vegetação desde 1995 (Villas-Bôas *et al.* 2002). Os indivíduos foram mantidos em plantas de repolho dentro de gaiolas de madeira recobertas por voile (4-6 plantas por gaiola). O repolho foi utilizado como planta hospedeira, pois esta espécie de mosca-branca apresenta no repolho ciclo de vida mais longo, permitindo gerações sobrepostas, razão sexual próxima de 1:1 e maior relação ovos/fêmea (até quase 300 ovos por fêmea) quando comparado a outros hospedeiros como tomate, abobrinha e feijão (Villas-Bôas *et al.* 2002), facilitando a obtenção dos indivíduos. O repolho foi semeado em vasos plásticos de 1,5 l contendo solo estéril. As plantas foram colocadas dentro da colônia quando apresentavam cerca de 8-10 folhas expandidas e foram substituídas por outras quando necessário. As folhas mais velhas eram retiradas a fim de evitar o excesso de fumagina e não comprometer além do necessário a fotossíntese da planta.

Os indivíduos (virgens e acasalados) utilizados nos bioensaios foram obtidos retirando-se da colônia 3-5 folhas de repolho com alta densidade de ninfas. Estas folhas tiveram seu pecíolo cortado, envolvidos com algodão e inseridos em vidros de 5 ml contendo água, e posteriormente acondicionados em potes de plásticos de 500 ml com furo central para permitir aeração do sistema. As folhas assim preparadas foram mantidas em sala climatizada (25 ± 2 °C). Diariamente (em intervalos < 12 h), os indivíduos recém emergidos foram separados por sexo, considerando as diferenças de tamanho e da porção terminal do abdômen de machos e fêmeas (Ghanim *et al.*, 2001). De acordo com Luan *et al.* (2008) em até 12 h após a emergência dos adultos a maior parte dos indivíduos ainda não acasalou e após 12 h aproximadamente 56% dos indivíduos já realizaram no mínimo uma cópula. Portanto, o tempo menor que 12 h para retirada das moscas-brancas virgens foi considerado satisfatório para praticidade do

experimento. Após a separação por sexo, os indivíduos foram liberados dentro de gaiolas de madeira (30 x 30 x 90 cm), com uma planta de repolho por gaiola, formando colônias separadas de machos e fêmeas virgens.

Para os bioensaios com indivíduos acasalados, 20-25 indivíduos de cada sexo foram retirados da colônia de adultos virgens e foram mantidos juntos para cópula em uma gaiola isolada das demais, contendo uma planta de repolho por gaiola. Os insetos virgens eram retirados das gaiolas quando possuíam mais de 24 h após a emergência e utilizados nos bioensaios. Não foram utilizadas moscas-brancas com menos de 24 h após a emergência, pois estes não respondiam satisfatoriamente aos estímulos em testes preliminares.

Procedimentos e condições experimentais

O olfatômetro descrito acima foi utilizado para monitorar individualmente o comportamento de machos e fêmeas de *B. tabaci* biótipo B nas condições acasalado e virgem em três bioensaios: 1. Atratividade dos voláteis constitutivos do tomateiro para mosca-branca, 2. Ação dos voláteis constitutivos do coentro na preferência do tomateiro como planta hospedeira de *B. tabaci* biótipo B e 3. Repelência dos voláteis constitutivos do coentro para mosca-branca. Em todos os bioensaios o fluxo de ar foi regulado para 0,6 cm³/s para entrada do ar e 0,2 cm³/s para saída. Foram utilizadas plantas de tomate *L. esculentum* var. ‘Duradoro’ (Solanaceae) e de coentro *Coriandrum sativum* var. ‘Verdão’ (Apiaceae) com 30-45 dias após a germinação. Estas foram plantadas em vaso plásticos (capacidade de 0,5 l) e mantidas dentro de gaiolas plásticas (capacidade de 6 l). Este método de isolamento das plantas utilizadas nos bioensaios preveniu a contaminação por fitopatógenos (e.g. fungos), insetos e danos mecânicos causados pelo manuseio das plantas e foi adaptado de Sujii *et al.* (2008). Previamente a utilização das plantas no bioensaio, o solo era isolado com papel alumínio para que os voláteis provenientes dos mesmos fossem excluídos do bioensaio. A posição de cada tratamento na arena de observação foi modificada a cada cinco repetições (indivíduos).

Bioensaio 1: Resposta da mosca-branca aos voláteis constitutivos do tomateiro – Para avaliar se *B. tabaci* biótipo B é atraída pelos voláteis do tomateiro estes devem ser um estímulo positivo suficiente para que os indivíduos se movimentem em direção e permaneçam nas áreas de maior concentração dos voláteis no olfatômetro. Na arena de observação, onde cada via do olfatômetro corresponde a um tratamento, foi permitida a

entrada dos odores do tomateiro (tratamento Tomate= estímulo positivo) em apenas uma das vias do olfatômetro e nas outras três vias entrava apenas ar umidificado (tratamento Branco= estímulo neutro).

Bioensaio 2: Ação dos voláteis constitutivos do coentro na preferência do tomateiro como planta hospedeira de B. tabaci biótipo B – Para avaliar se os voláteis constitutivos do coentro podem reduzir os padrões de preferência de *B. tabaci* biótipo B pelos voláteis do tomateiro, foi avaliada a resposta dos indivíduos de mosca-branca, também em olfatômetro de quatro vias, a cada um dos seguintes tratamentos: 1. Tomate= voláteis do tomateiro, 2. Coentro= voláteis do coentro, 3. Tomate+coentro: voláteis do tomateiro + voláteis do coentro e 4. Branco= ar. Cada tratamento corresponde a uma via (braço) do olfatômetro.

Bioensaio 3: Resposta da mosca-branca aos voláteis constitutivos do coentro – Em seguida, foi avaliado se os voláteis constitutivos do coentro são repelentes para *B. tabaci* biótipo B. Para isso, os tratamentos Branco (=ar) e Coentro (= voláteis do coentro) foram considerados como estímulo neutro e negativo, respectivamente, para os indivíduos. No olfatômetro de quatro vias, uma via era correspondente ao tratamento Branco e três correspondentes ao tratamento Coentro. Portanto, para que sejam considerados repelentes os voláteis do coentro devem ser um estímulo negativo suficiente para que os indivíduos evitem essas áreas no olfatômetro.

Na área de liberação os insetos estão sujeitos a uma mistura dos voláteis das plantas, enquanto que a concentração destes voláteis fica maior na medida em que se aproximam dos braços do olfatômetro. Portanto, foi considerado que o inseto escolheu um dos tratamentos após este ter entrado no mínimo 1 cm em um dos braços do olfatômetro em direção à fonte emissora dos voláteis. Apesar de este equipamento ter sido utilizado inicialmente para observar o comportamento de Himenópteros parasitóides (e.g. Moraes *et al.*, 2005), também é crescente o uso em bioensaios envolvendo outros grupos taxonômicos de artrópodes predadores, como Coleoptera (Sarmiento *et al.*, 2007) e Acari (Nomikou *et al.*, 2003), e insetos herbívoros, como pulgões (Bruce *et al.*, 2005). Ensaios preliminares também demonstraram a eficiência desse equipamento para bioensaios com mosca-branca.

Em cada um dos bioensaios foram monitorados separadamente 30 indivíduos de cada sexo nas condições virgem e acasalados, totalizando 120 indivíduos por bioensaio. Após a liberação de cada indivíduo no centro da arena de liberação, utilizando um pincel de artista de cerda fina, foram observados os seguintes parâmetros

comportamentais durante 15 minutos: 1. tratamento inicialmente escolhido: refere-se ao braço do olfatômetro onde o inseto entrou inicialmente, após abandonar a área de liberação e está relacionado com a orientação e direcionamento do inseto para um dos estímulos; 2. Tempo para escolha inicial de um dos tratamentos; 3. Tempo de residência em cada tratamento (braço do olfatômetro) e 4. Número de visitas a cada tratamento: relacionado aos padrões de movimentação do inseto no olfatômetro.

Análise dos dados

Tratamento inicialmente escolhido – Os dados de escolha inicial de um dos tratamentos foram transformados em proporções e o número de escolhas de cada tratamento por machos e fêmeas (virgens e acasalados) foi comparado pelo teste do Qui-quadrado (Siegel, 1975; Krebs, 1999). Este teste permite avaliar o número de escolhas de cada tratamento por cada sexo considerando as quatro vias do olfatômetro. O mesmo procedimento foi utilizado para comparar a proporção média de escolhas iniciais de cada tratamento entre os sexos e status de cópula avaliados no experimento. Nos bioensaios 1 e 3, para facilitar a representação gráfica dos resultados o número de escolhas iniciais dos tratamentos Tomate e Coentro, respectivamente, foram somados e comparados com a proporção de escolhas dos outros tratamentos em cada bioensaio. Mesmo assim, o teste do Qui-quadrado foi realizado considerando a hipótese nula de que a chance de cada indivíduo se direcionar para cada um dos braços é a mesma.

Tempo para escolha inicial – O tempo médio para escolha inicial de um dos tratamentos entre os sexos foi comparado por Kruskal-Wallis (análise de variância não paramétrica) seguido pelo teste Dunn para comparação de médias em amostras pareadas (Zar, 1999). O tempo que os indivíduos levaram para escolher os tratamentos Tomate e Branco no bioensaio 1 e os tratamentos Branco e Coentro no bioensaio 3 foram comparados em cada categoria de sexo pelo Teste-t, quando os dados apresentaram distribuição normal ou Mann-Whitney (equivalente não-paramétrico) (Southwood & Henderson, 2000). No bioensaio 2 estas variáveis foram comparadas por Kruskal-Wallis (ANOVA não-paramétrica) seguido pelo teste Dunn para comparação de médias, devido a presença de mais de dois grupos experimentais (Zar, 1999).

Número de visitas a cada tratamento e tempo de residência em cada tratamento – O número médio de visitas dos indivíduos a cada tratamento foi comparada entre os sexos e condições em cada bioensaio por Kruskal-Wallis seguido do teste de Dunn para

comparação das médias. Esse procedimento nos bioensaios 1 e 3 considera o número de visitas dos indivíduos a todos os braços do olfatômetro ao invés de reduzir a análise para apenas dois tratamentos (Southwood & Henderson, 2000). Nos bioensaios onde foram observadas diferenças significativas nesses valores, as médias de visitas por cada sexo e condição a cada tratamento foi comparada pelo mesmo procedimento estatístico. Da mesma forma, para avaliar a diferença nas respostas entre as categorias para cada tratamento foi comparado o número médio de visitas que cada categoria realizou a cada tratamento (Krebs, 1999). O mesmo procedimento foi adotado para comparar o tempo de residência de cada categoria a cada tratamento e as possíveis diferenças de resposta aos tratamentos entre as categorias. O modelo de análise de variância escolhido foi devido a ausência de normalidade na distribuição de frequência dos dados e impossibilidade de transformação dos dados que atenda as premissas requeridas pela análise de variância de dois fatores (Zar, 1999).

Relação entre escolha inicial e tempo de residência nos tratamentos – Para verificar se o tratamento inicialmente escolhido por um indivíduo aumenta a probabilidade do mesmo permanecer ou evitar determinado tratamento, foi realizada uma regressão logística nos bioensaios 1 e 2. No bioensaio 1 essa regressão foi realizada entre a probabilidade de escolher inicialmente o tratamento tomate (variável categórica) e o tempo que os indivíduos permaneceram neste tratamento (variável contínua) (Krebs, 1999). Neste bioensaio devido aos valores dos coeficientes da regressão para cada categoria analisada todos os dados foram agrupadas sendo realizado o mesmo teste com todos os indivíduos (N=120). No bioensaio 2 foi estabelecida uma relação entre a probabilidade de escolher inicialmente o tratamento Branco e tempo de permanência de cada categoria neste tratamento. Sendo esta relação significativa é um indicativo que os indivíduos que evitaram o tratamento coentro e escolheram o tratamento Branco tendem a permanecer mais tempo no mesmo, evitando a permanência no tratamento Coentro. Esses resultados podem reforçar padrões de atratividade (bioensaio 1) e repelência (bioensaio 2) causados pelos voláteis constitutivos das plantas testadas no comportamento de *B. tabaci* biótipo B.

As análises estatística dos dados foram realizadas com o programa SigmaStat v 3.1. (Systat Software Inc., 2004). O ajuste dos dados aos modelos de regressão logística foi realizado com o programa PAST (Paleontological Statistic Analises), que apresenta o recurso adequado para a realização deste teste (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados

Bioensaio 1: Resposta da mosca-branca aos voláteis constitutivos do tomateiro

No olfatômetro, os indivíduos de *B. tabaci* reconheceram e se direcionaram inicialmente para as áreas de maior concentração dos voláteis constitutivos do tomateiro em detrimento das três áreas correspondentes ao tratamento branco. O tratamento Tomate foi inicialmente mais escolhido do que o tratamento Branco para fêmeas virgens ($X^2_{3,1} = 32,667$, $P < 0,0001$), fêmeas acasaladas ($X^2_{3,1} = 2,7$, $P < 0,0001$), machos virgens ($X^2_{3,1} = 34,267$, $P < 0,0001$) e machos acasalados ($X^2_{3,1} = 22,8$, $P < 0,0001$) de *B. tabaci* Biótipo B (Figura 1.2). Os indivíduos, independente do sexo, escolheram inicialmente o tratamento Tomate em $65,8 \pm 5,00\%$ (média \pm desvio padrão) das escolhas enquanto o tratamento Branco foi escolhido em $34,2 \pm 5,00\%$ das escolhas. Essa proporção se mantém entre machos e fêmeas, independente do status de cópula não diferindo significativamente do esperado ($X^2_{3,1} = 0,3417$, $P = 0,951$, 3 G.L.).

Indivíduos acasalados reconheceram, selecionaram e se direcionaram inicialmente para as áreas de maior concentração de um dos estímulos (tratamentos) no olfatômetro (machos acasalados $108,97 \pm 13,11$ segundos e fêmeas acasaladas $75,85 \pm 12,19$ segundos) significativamente mais rápido que indivíduos virgens (machos virgens $134,13 \pm 11,96$ segundos e fêmeas virgens $148,88 \pm 11,36$ segundos) (Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 21,31$; $P < 0,001$) (Figura 1.3). Porém, os indivíduos levam tempos semelhantes para escolher o tratamento Tomate ou Branco, mesmo quando separados em fêmeas virgens ($t_{28,2} = -0,211$; $P = 0,835$), fêmeas acasaladas (Mann-Whitney $T_{28,2} = 142,00$; $P = 0,928$), machos virgens ($t_{28,2} = 1,212$; $P = 0,235$) e machos acasalados (Mann-Whitney $T_{28,2} = 143,00$; $P = 0,892$).

Após a escolha inicial de um dos tratamentos os indivíduos se movimentaram livremente no olfatômetro onde realizaram em média $2,8 \pm 0,23$ visitas aos tratamentos durante o período de observação no olfatômetro (900 segundos). Esse valor não difere do observado para machos e fêmeas de *B. tabaci* biótipo B que realizam quantidades semelhantes de visitas aos tratamentos (Kruskal-Wallis $H = 6,305$; $P = 0,098$). Após reconhecerem o estímulo e se direcionarem para área de maior concentração do mesmo as moscas-brancas permaneceram mais tempo no tratamento Tomate em relação ao tratamento Branco, seguindo o mesmo padrão apresentado para o tratamento inicialmente escolhido (Tabela 1.1). De modo geral, machos e fêmeas de *B. tabaci*

biótipo B permaneceram tempos semelhantes em cada tratamento, onde apenas fêmeas acasaladas apresentaram um padrão significativamente diferente quanto ao tempo de permanência em uma das áreas correspondente ao tratamento Branco (Tabela 1.1).

Bemisia tabaci biótipo B responde positivamente ao tomate como primeiro estímulo olfativo a ser selecionado e permanece mais tempo nas áreas do olfatômetro correspondente a esse tratamento. Além disso, foi verificada uma relação entre a proporção de escolhas do tratamento Tomate e o tempo de permanência na área correspondente a esse tratamento no olfatômetro, confirmando o padrão de atratividade dos voláteis do tomateiro para *B. tabaci* biótipo B (Figura 1.4).

Bioensaio 2: Ação dos voláteis constitutivos do coentro na preferência do tomateiro como planta hospedeira de B. tabaci biótipo B

Foi verificada uma preferência para escolha inicial pelos voláteis do tomateiro, seguido da mistura dos voláteis de Tomate+Coentro em fêmeas virgens ($X_{3,1}^2 = 8,67$; $P = 0,034$) e fêmeas acasaladas ($X_{3,1}^2 = 21,47$; $P < 0,001$). Quanto aos tratamentos Coentro e Branco, as fêmeas, independente do status de cópula, apresentaram menor número de escolhas iniciais por estes tratamentos não havendo diferenças no padrão de resposta a esses dois tratamentos. Para machos virgens ($X_{3,1}^2 = 3,33$; $P = 0,343$) e acasalados ($X_{3,1}^2 = 5,47$; $P = 0,141$) a proporção de escolhas iniciais entre os tratamentos não diferiu do esperado que era a distribuição ao acaso (Figura 1.5).

Apenas os machos virgens levaram significativamente mais tempo ($199,04 \pm 32,99$ segundos) para realizar a escolha inicial de um dos tratamentos quando comparado a fêmeas virgens ($93,33 \pm 13,45$ segundos), fêmeas acasaladas ($105,34 \pm 20,12$ segundos) e machos acasalados ($112,93 \pm 10,06$ segundos) (Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 7,95$; $P = 0,04$) (Figura 1.6). Da mesma forma que observado no bioensaio 1, não houve diferença significativa em relação ao tempo que os indivíduos levam para escolher um dos tratamentos dentro de cada categoria (Fêmeas virgens: $F_{3,1} = 1,199$, $P = 0,33$; Fêmeas acasaladas: Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 0,0891$, $P = 0,993$; Machos virgens: Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 1,356$, $P = 0,716$; Machos acasalados: $F_{3,1} = 2,224$, $P = 0,109$)

Machos virgens realizaram significativamente mais visitas aos tratamentos em geral ($2,4 \pm 0,26$ visitas) do que fêmeas virgens ($3,5 \pm 0,34$ visitas), fêmeas acasaladas ($4,5 \pm 0,49$ visitas) e machos acasalados ($4,0 \pm 0,46$ visitas) (Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 14,828$; $P = 0,002$), sendo o tratamento Tomate o mais visitado por fêmeas virgens e

acasaladas e machos virgens. Esse padrão difere apenas para machos acasalados que realizaram quantidades similares de visitas a todos os tratamentos (Tabela 1.2). Quando comparado o número de visitas por tratamento entre os sexos machos e fêmeas (virgens e acasalados) realizaram quantidades semelhantes de visitas aos tratamentos Tomate e Coentro. Porém, fêmeas virgens e acasaladas realizam mais visitas que machos virgens e acasalados ao tratamento Tomate+coentro. No tratamento Branco apenas os machos virgens realizam menor número de visitas que as demais categorias a essa área no olfatômetro (Tabela 1.2).

Os voláteis constitutivos do tomateiro foram um estímulo mais forte para fêmeas de *B. tabaci* permanecerem mais tempo na área correspondente a este tratamento no olfatômetro do que machos. As fêmeas, independente do status de cópula, apresentaram um padrão de preferência pelos voláteis do tomateiro, pois os indivíduos permaneceram mais tempo no tratamento Tomate (estímulo positivo) que nos demais tratamentos. Da mesma forma, o tempo de residência no Tomate+coentro (estímulo positivo+negativo) foi significativamente maior que no Coentro (estímulo negativo) e Branco (estímulo neutro), que não diferiram entre si. Entre os machos, os virgens apresentam o mesmo padrão de preferência que as fêmeas, porém os acasalados permanecem tempos semelhantes em todos os tratamentos (Tabela 1.3). Portanto, os voláteis do coentro reduziram a preferência de *B. tabaci* biótipo B pelos voláteis do tomateiro, seguindo padrão semelhante ao apresentado pelos indivíduos quanto ao tratamento inicialmente escolhido e número de visitas em cada tratamento. A comparação do tempo de residência em cada tratamento entre os sexos seguiu o mesmo padrão observado para o número de visitas em cada tratamento (Tabela 1.3).

Bioensaio 3: Resposta da mosca-branca aos voláteis constitutivos do coentro

Para fêmeas virgens o coentro é um estímulo negativo fazendo com que os indivíduos movimentem-se para o sentido oposto das áreas de maior concentração desses voláteis no olfatômetro. Nesta categoria os indivíduos tendem a escolher proporcionalmente mais vezes o tratamento branco ao invés do tratamento coentro como escolha inicial ($X^2_{3,1}= 23,6$; $P<0,001$). Para as categorias fêmeas acasaladas ($X^2_{3,1}=3,6$; $P=0,308$), machos virgens ($X^2_{3,1}= 7,88$; $P= 0,308$) e machos acasalados ($X^2_{3,1}= 11,06$; $P= 0,308$), não houve diferença quanto a escolha inicial de um dos tratamentos (Figura 1.7). Apesar de fêmeas virgens escolherem inicialmente o tratamento Branco significativamente mais em relação ao Coentro, os indivíduos em

geral selecionaram o tratamento Branco em $49,2 \pm 10,32\%$ (média \pm desvio padrão) das escolhas e o tratamento Coentro em $47,5 \pm 9,96\%$ das escolhas, não diferindo da proporção esperada ($X^2_{3,1} = 1,949$; $P = 0,583$). Portanto, para a espécie os voláteis do coentro não foram considerados repelentes em relação à escolha inicial de um dos tratamentos, confirmando o padrão observado para a proporção de escolhas desses dois tratamentos no bioensaio 2 (Figura 1.7).

Machos e fêmeas selecionam um dos tratamentos após $225,28 \pm 15,38$ segundos (média \pm erro padrão), não havendo diferenças significativas nesse tempo entre sexos e condições (Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 0,864$; $P = 0,834$). Também não houve diferença significativa no tempo para escolha inicial do tratamento Branco ou Coentro para machos e fêmeas (Fêmeas virgens: $t_{28,2} = 0,74$; $P = 0,466$; Fêmeas acasaladas: $t_{28,2} = -0,29$; $P = 0,744$; Machos virgens: $t_{28,2} = -0,994$; $P = 0,834$; e Machos acasalados; Mann-Whitney $T_{28,2} = 232,00$; $P = 1,000$). Por isso, para essa variável analisada os voláteis do coentro não geram respostas negativas para mosca-branca, pois as respostas a este tratamento são similares às respostas dos indivíduos ao tratamento Branco (estímulo neutro).

Após a escolha inicial de um dos tratamentos, machos e fêmeas (virgens e acasalados) realizam em média $3,3 \pm 0,29$ visitas aos tratamentos (Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 12,934$; $P = 0,005$). Esse padrão de número de visitas aos tratamentos se mantém entre as fêmeas acasaladas ($3,33 \pm 0,44$ visitas), machos virgens ($3,17 \pm 0,59$ visitas) e machos acasalados ($3,57 \pm 0,93$ visitas). Por outro lado, fêmeas virgens realizam uma quantidade de visitas significativamente menor ($2,86 \pm 0,73$ visitas) que as demais categorias.

Da mesma forma que a escolha inicial de um dos tratamentos, apenas as fêmeas virgens respondem negativamente aos voláteis do coentro, permanecendo significativamente mais tempo na área correspondente ao tratamento Branco do que nas outras três áreas correspondentes ao tratamento Coentro no olfatômetro (Tabela 1.4). Machos e fêmeas permaneceram tempos semelhantes em cada tratamento, onde foram verificadas diferenças significativas apenas em relação ao tempo que fêmeas permanecem em uma das vias do olfatômetro correspondentes ao tratamento Coentro (Tabela 1.4). Contudo, não houve diferenças significativas entre machos e fêmeas quanto ao tempo de permanência nas demais áreas do tratamento Coentro no olfatômetro. Isso reforça que as diferenças na permanência e número de visitas a esse tratamento é ao acaso, onde os indivíduos visitam de 0 a 2 vezes (amplitude) e

permanecem de 0 a 740,92 segundos (amplitude) neste tratamento, independente de sua posição no olfatômetro.

Somente para as fêmeas virgens foi verificada uma relação significativa entre a escolha inicial do tratamento coentro e tempo de residência na área do olfatômetro correspondente ao tratamento Branco (Figura 1.8). Essa relação indica que indivíduos que escolhem inicialmente o tratamento coentro tendem a permanecer mais tempo no tratamento Branco, evitando então os voláteis constitutivos do coentro. Este resultado está de acordo com o verificado na proporção de escolhas iniciais, tempo para escolha inicial, número de visitas e tempo de permanência em cada tratamento. Apenas as fêmeas virgens de *B. tabaci* biótipo B reconheceram o coentro como estímulo negativo movimentando-se na direção oposta das áreas de maior concentração desses voláteis no olfatômetro. Mesmo assim, para as demais categorias aparentemente os voláteis constitutivos do coentro geram respostas comportamentais semelhantes às observadas em relação ao tratamento Branco (= ar). Por isso, os voláteis do coentro não foram considerados repelentes para mosca-branca. Estes podem dificultar a identificação e direcionamento dos indivíduos para os voláteis do tomateiro e conseqüentemente alterar os padrões de atratividade e preferência por estes, como demonstrado no bioensaio 2.

Discussão

Machos e fêmeas de *B. tabaci* movimentaram-se em direção à fonte dos voláteis do tomateiro no olfatômetro, mesmo sem referência visual. Isso indica que os infoquímicos possuem um papel importante no processo de seleção de plantas hospedeiras por *B. tabaci*, apesar de estudos anteriores, em geral, relacionarem a seleção ao reconhecimento de padrões visuais (Byrne, 1999; Isaacs *et al.*, 1999). Componentes químicos ainda não identificados dos voláteis de diferentes genótipos de tomateiro como os da variedade ‘Santa Clara’ já foram indicados como provavelmente atraentes para *T. absoluta* em análises de cromatografia das folhas de *Lycopersicon esculentum* (Ecole *et al.*, 2000), podendo também ser importantes para a mosca-branca.

Variações na preferência pela planta hospedeira entre os sexos e à condição de acasalamento de cada indivíduo podem ser observadas para insetos generalistas (Bruce *et al.*, 2005). Machos e fêmeas virgens levam mais tempo para escolher um dos tratamentos no olfatômetro, sendo isso explicado pelo comportamento dos indivíduos na

planta e pelo valor do recurso para cada condição (virgem ou acasalado). Quando os indivíduos emergem, após completarem seu desenvolvimento imaturo, tendem a migrar para o terço superior da planta em busca de parceiros para o acasalamento (Byrne & Bellows Jr., 1991). Por isso, a planta hospedeira onde o indivíduo emergiu é um recurso de alimentação e cópula, onde, a princípio, não há a necessidade de selecionar outro hospedeiro. Para as fêmeas acasaladas é mais importante a discriminação entre hospedeiros do que as virgens, pois necessitam realizar a oviposição que geralmente não é realizada na mesma planta em que se desenvolveram (Gill, 1990), o que explica a seleção mais rápida do tratamento Tomate do que as virgens. Para os machos acasalados a seleção da planta hospedeira adequada pode ser importante para realizar novas cópulas e por isso seguem o mesmo padrão das fêmeas.

Resultados anteriores de Bird & Kruger (2006) demonstraram que quando *B. tabaci* é submetida a apenas um estímulo olfativo os indivíduos tendem a se movimentar menos na planta e entre plantas. Isso explicaria a baixa movimentação dos indivíduos no olfatômetro. Porém, *B. tabaci* permanece mais tempo nas áreas de maior concentração dos voláteis do tomateiro. Isso confirma que *B. tabaci*, independente do sexo, reconhece os voláteis do tomateiro e estes possuem efeito táxico (atração) e quinetico (estímulo de procura e retenção na área tratada) determinando a preferência do inseto por este estímulo.

Resultados semelhantes também foram observados por Ying *et al.* (2003), que determinaram, utilizando olfatômetro do tipo 'Y', que *B. tabaci* é atraída olfativamente pelos voláteis de diferentes hospedeiros, incluindo o tomate. É possível que o reconhecimento da planta hospedeira pela mosca-branca seja um somatório de reconhecimento de pistas visuais e reconhecimento de sinais químicos da planta para colonização de seus hospedeiros preferenciais. Devido a essa relação onde o receptor é beneficiado pela emissão do sinal e o emissor é prejudicado os voláteis constitutivos do tomateiro foram classificados como cairomônios para *B. tabaci* biótipo B, sendo necessária a identificação da composição química destes.

Quando os voláteis do tomateiro foram apresentados para *B. tabaci* biótipo B simultaneamente aos voláteis do coentro, houve uma redução nos padrões de atratividade pelo tomateiro. Então, a seleção desta como planta hospedeira para *B. tabaci* foi afetada negativamente pela presença do coentro. Machos e fêmeas acasalados escolheram inicialmente mais vezes os voláteis do tomateiro em detrimento de outros voláteis ou mistura de voláteis de tomateiro e coentro a que foram submetidos.

Diferenças na atratividade da mosca-branca também foram observadas por Oriani *et al.* (2008) em seis genótipos de feijoeiro e por Fancelli *et al.* (2003) em tomateiro.

Apenas os machos virgens levaram mais tempo para selecionar algum dos voláteis no olfatômetro e se movimentaram mais vezes do que as demais categorias avaliadas. As fêmeas virgens, levaram tempos semelhantes às fêmeas e machos acasalados para escolher um dos tratamentos. Quando *B. tabaci* é exposta a múltiplos estímulos sensoriais de plantas hospedeiras os indivíduos podem apresentar dificuldade na tomada de decisão de qual planta se estabelecer (Bernays, 1999; Bird & Kruger, 2006), sendo isso mais evidente para machos virgens ou outros mecanismos estão envolvidos neste padrão para esta categoria.

Não sendo o coentro hospedeiro de *B. tabaci* os voláteis desta planta em conjunto com os do tomateiro faz com que os indivíduos se movimentem mais no olfatômetro, visitando sempre mais o tratamento Tomate, com exceção dos machos virgens. Esse mesmo padrão ocorre também quando os indivíduos são submetidos a estímulos negativos internos e externos de inseticidas, aumentando as taxas de migração da população (Isaacs *et al.*, 1999b). Cunningham & West (2001) complementam que a experiência de cada indivíduo (*e.g.* virgens e acasalados) também é um fator determinante na escolha da planta hospedeira de maior valor como recurso. As fêmeas virgens ainda são mais seletivas que as demais categorias no número de visitas seguindo o seguinte gradiente de visitas aos tratamentos: Tomate > Tomate+coentro > Coentro > Branco.

Bernays & Minkenberg (1997), sugerem que devido a esses fatores, espécies generalistas como *B. tabaci* e alguns afídeos se beneficiam do uso de diferentes hospedeiros ao invés da qualidade nutricional de uma dieta mista, obtendo melhor performance quando submetidos a um hospedeiro isoladamente, concordando com Inbar & Gerling (2008) e Veenstra & Byrne (1998). Inbar *et al.* (2001) demonstraram que apesar de *B. tabaci* selecionar plantas de tomate mais vigorosas, aumentando seu desempenho reprodutivo, a população permanece tempos semelhantes em hospedeiros com diferentes valores nutricionais.

Ao encontrarem as áreas do olfatômetro com apenas os voláteis do tomateiro os indivíduos observados permaneceram mais tempo neste tratamento do que nos demais. Este padrão difere entre machos e fêmeas, sendo aparentemente para as fêmeas a seleção da planta hospedeira mais importante do que para os machos. Contudo, fêmeas (virgens e acasaladas) e machos virgens, seguiram um gradiente semelhante para o

tempo de residência em cada tratamento onde Tomate > Tomate+coentro > Coentro = Branco. Dentre estas categorias, as fêmeas ainda permanecem mais tempo no tratamento Tomate+coentro do que os machos. Gradientes de preferência por voláteis de plantas hospedeiras também são observados para esta espécie (Ying *et al.*, 2003). Porém, os voláteis do coentro isoladamente não afetaram negativamente o comportamento da mosca-branca por esta não ser uma planta hospedeira do inseto.

Devido à exposição, em campo, a mistura de odores pelo consórcio tomate+coentro, os indivíduos tendem a colonizar mais os plantios em monoculturas de tomate (Hilje & Stansly, 2008). Neste caso, principalmente as fêmeas, estão sujeitos predação, competidores da mesma guilda alimentar e patógenos além dos já presentes em suas hospedeiras, o que aumenta o custo do recurso como sítio apropriado para oviposição quando há a presença de plantas não-hospedeiras como o coentro (*i.e.* recurso disponível para a geração seguinte) (Mayer *et al.*, 2002; Randlkofer *et al.*, 2007).

Apenas fêmeas virgens de mosca-branca evitaram os voláteis constitutivos do coentro. Esta categoria aparentemente reconheceu inicialmente os voláteis constitutivos do coentro como um estímulo negativo. Os indivíduos observados movimentaram-se no sentido contrário ao da emissão desses voláteis, resultando em maior número de escolhas iniciais pelo tratamento Branco, o que sugere uma repelência para fêmeas virgens a esses voláteis (ver definição de repelência em Eira & Neto, 2001). As demais condições avaliadas (fêmeas acasaladas, machos virgens e machos acasalados) quando submetidos aos tratamentos entram aleatoriamente nas áreas do olfatômetro, não respondendo negativamente ao tratamento coentro. Contudo, quando os voláteis do coentro são apresentados simultaneamente aos do tomateiro no bioensaio 2, *B. tabaci* reduz o número de escolhas iniciais para o tratamento Tomate. É possível então que o coentro afete o comportamento de seleção por outros mecanismos não envolvidos com a repelência, representando novas perspectivas de estudos dos voláteis desta planta (Arab & Bento, 2006), como a identificação química dos voláteis dessa planta e como a combinação de dois ou mais voláteis podem alterar o comportamento de *B. tabaci*.

Da mesma forma que observado na escolha inicial de um dos tratamentos, as fêmeas virgens de mosca-branca levaram mais tempo para escolher um dos tratamentos (Coentro e Branco) do que as demais condições. Isso está relacionado com os padrões de avaliação dos estímulos ao inseto ao passo que o coentro não representa um recurso e por isso dificulta a tomada de decisão para escolha inicial por esta categoria, alterando

seu comportamento (Eiras & Neto, 2001).

Seguindo o mesmo padrão, fêmeas virgens se movimentam menos no olfatômetro do que as demais categorias e permaneceram menos tempo nos locais de maior concentração dos voláteis do coentro. Para as demais categorias os indivíduos responderam aos voláteis constitutivos do coentro da mesma forma que apenas a correntes de ar. Os trabalhos com herbívoros, principalmente hemípteros, em geral estão relacionados principalmente aos mecanismos de atração a plantas hospedeiras (Bruce *et al.*, 2005), atração dos indivíduos por feromônios interespecíficos e efeitos de danos mecânicos por herbívoros na resposta induzida de plantas em níveis tróficos superiores (Borges & Aldrich, 2001; Moraes *et al.*, 2005). Como os voláteis constitutivos do coentro não são repelentes para mosca-branca é possível que fatores como esses estejam envolvidos na alteração do comportamento de *B. tabaci* quando voláteis de coentro e tomate são apresentados simultaneamente para os indivíduos, apesar de não avaliado no presente trabalho. Outro fator que deve ser considerado em observações futuras é a resposta deste herbívoro ao coentro quando inimigos naturais estão utilizando os recursos da planta durante a floração. Em pepino, por exemplo, foi demonstrado que em casa-de-vegetação o trípes *Frankliniella occidentalis* evita plantas com a presença de ácaros-predadores. Esta é uma estratégia para o escape da predação, sendo os efeitos indiretos dessas interações uma premissa importante para o sucesso de programas de controle biológico (Pallini *et al.*, 2001), sendo necessárias abordagens deste tipo para as interações coentro-*B. tabaci*.

Apesar disso, os voláteis constitutivos de outras plantas podem ser repelentes para *B. tabaci* biótipo B. Zhang *et al.* (2004) verificaram que moscas-brancas em tomateiro são repelidas pelos voláteis do gengibre *Zingiber* sp., que também é uma planta de odor forte como o coentro. O pulgão *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), que é de uma família taxonomicamente próxima a Aleyrodidae também apresentou altas taxas de mortalidade a óleos essenciais de plantas como o cominho *Cuminum cyminum*, óregano *Origanum syriacum* e eucalipto *Eucalyptus camaldulensis*, tendendo a evitar locais com odores dessas substâncias e não colonizando as plantas nas quais os óleos foram aplicados (Tunc & Sahinkaya, 1998). Apesar de não ser um padrão geral para a espécie, o coentro atua como repelente para fêmeas virgens de *B. tabaci* permanecendo significativamente menos tempo neste tratamento no olfatômetro. Estas evitaram os voláteis constitutivos do coentro, escolhendo inicialmente o tratamento Branco. Como esses voláteis atuaram como um estímulo negativo os indivíduos se movimentaram

menos no olfatômetro, tendendo a permanecer mais tempo no tratamento Branco como forma de evitar os voláteis constitutivos do coentro.

Devido à importância dos infoquímicos na seleção do tomateiro como hospedeira de *B. tabaci*, provavelmente estes atuam na avaliação do hospedeiro como adequado ou inadequado principalmente ao pousarem no recurso (tomateiro) e iniciar o processo de avaliação para estabelecimento no mesmo. Inicialmente os indivíduos reconhecem padrões visuais para a chegada em um habitat (agroecossistema) para colonização em um processo a longa distância do recurso (Isaacs *et al.*, 1999). Após pousarem na área os indivíduos avaliam o recurso provando o alimento sucessivas vezes em pequenos vôos entre plantas realizando pousos “apropriados” e “inapropriados”, conforme definido por Finch & Collier (2000). Durante esse processo os indivíduos também reconhecem sinais químicos das plantas do ambiente (Dicke, 2000; Bruce *et al.*, 2005). Em monoculturas de tomate os voláteis dessa planta atuam como estímulo positivo para que os indivíduos permaneçam na área. Entretanto, quando em consórcio com o coentro enfrentam maiores os riscos de predação, parasitismo, patógenos e competidores o que diminui a preferência pelo estabelecimento dos indivíduos de *B. tabaci* biótipo B na área (Mayer *et al.*, 2002; Randlkofer *et al.*, 2007). Esses resultados apóiam os padrões observados em campo onde adultos de *B. tabaci* são mais abundantes em monocultivos de tomate do que no consórcio tomate+coentro (Hilje & Stansly, 2008).

Portanto, os voláteis constitutivos do tomateiro atuam como cairomônios para *B. tabaci* biótipo B e, apesar de não ter mostrado efeito repelente, o coentro quando em consórcio com o tomateiro altera a preferência deste inseto pelas plantas de tomate. Essa alteração na preferência pelo tomateiro parece estar condicionada pelo coentro dificultar o reconhecimento dos voláteis do tomateiro pela mosca-branca. É sugerido que o coentro seja plantado antes do tomateiro em campo a fim de evitar o estabelecimento de fêmeas virgens, já que os odores do coentro são repelentes a estas, e retardar o estabelecimento da população inicial na área e dificultar o encontro da planta hospedeira para as demais condições.



Figura 1.1: Sequência de montagem do experimento em olfatômetro de múltipla escolha do tipo X. (A) isolamento da parte aérea das plantas com papel alumínio, (B) plantas de interesse dentro de cubas herméticas para utilização de seus voláteis no bioensaio, (C) conexão das cubas herméticas com a arena de observação e (D) Placas de acrílico montadas para formação da arena de observação.

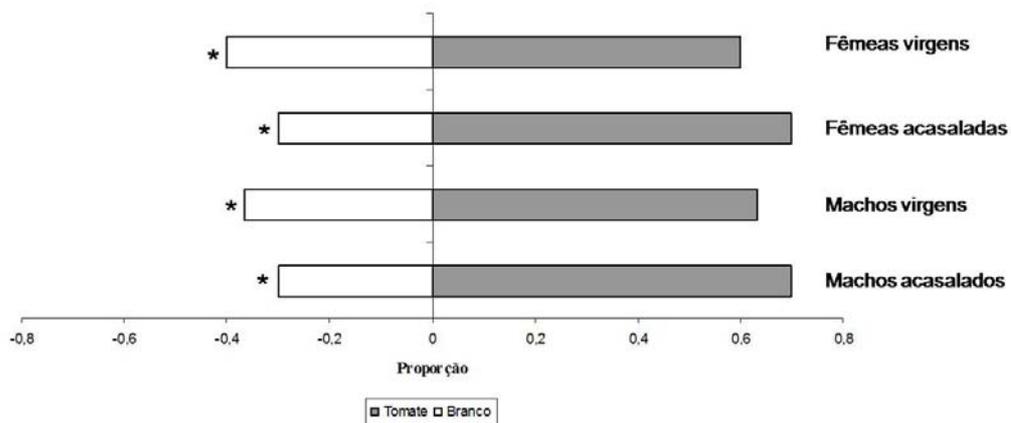


Figura 1.2: Proporção de insetos escolhendo os tratamentos Tomate (resposta positiva) e Branco (resposta negativa) por machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* biótipo B em olfatômetro tipo X. A proporção de escolhas do tratamento Branco corresponde à soma das escolhas em três vias do olfatômetro (ver texto). *Diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) pelo teste do Qui-quadrado.

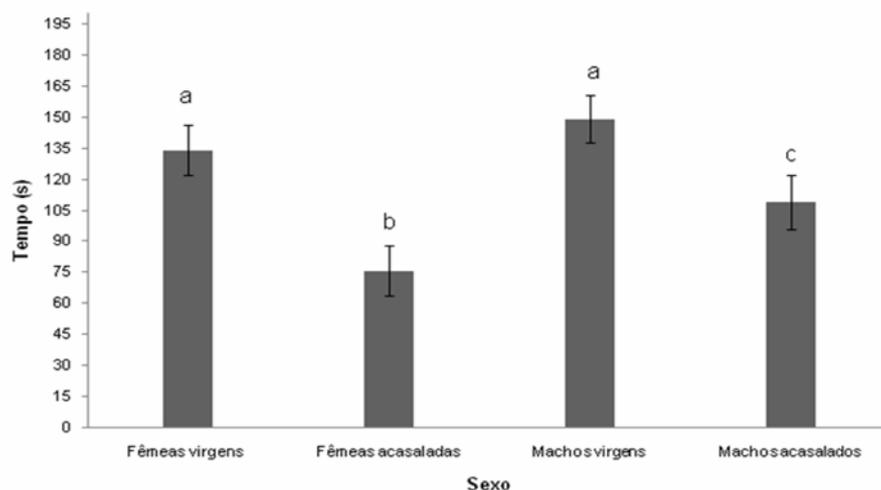


Figura 1.3: Tempo para escolha inicial (média \pm erro padrão) de um dos tratamentos por machos e fêmeas acasalados e virgens de *Bemisia tabaci* Biótipo B em olfatômetro de quatro vias. Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Dunn.

Tabela 1.1: Comparação do tempo de residência (s) (média \pm erro padrão) de machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* Biótipo B e entre sexos em cada tratamento avaliado. Cada indivíduo foi observado por 900 segundos em olfatômetro de quatro vias.

Sexo	Tratamento			
	Tomate ^a	Branco 1 ^b	Branco 2 ^c	Branco 3 ^d
Fêmeas				
Virgens ¹	372,39 \pm 33,17 aA	124,59 \pm 24,62 bA	51,67 \pm 22,4 cA	74,1 \pm 28,25 cA
Acasaladas ²	337,83 \pm 57,79 aA	72,27 \pm 33,48 bB	127,92 \pm 42,27 bA	136,23 \pm 44,14 bA
Machos				
Virgens ³	290,89 \pm 30,36 aA	121,71 \pm 21,42 bA	84,11 \pm 25,15 cA	43,19 \pm 13,91 dA
Acasalados ⁴	303,07 \pm 51,78 aA	142,8 \pm 38,37 bA	48,86 \pm 15,86 cA	65,65 \pm 25,47 cA

* Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferiram significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Dunn

¹ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 52,021$; $P < 0,001$

² Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 15,58$; $P = 0,001$

³ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 43,983$; $P < 0,001$

⁴ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 26,591$; $P < 0,001$

^a Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 3,045$; $P = 0,385$

^b Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 12,483$; $P = 0,006$

^c Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 3,481$; $P = 0,323$

^d Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 2,585$; $P = 0,460$

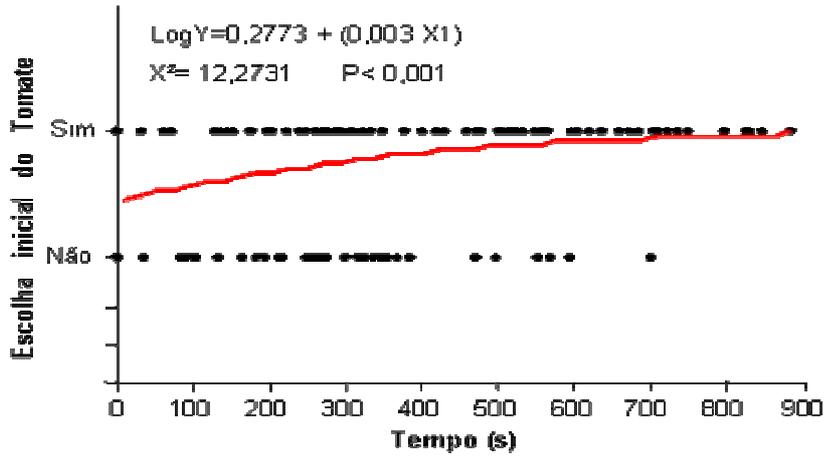


Figura 1.4: Relação entre a probabilidade de escolher inicialmente o tratamento Tomate e tempo de residência neste tratamento por machos e fêmeas de *Bemisia tabaci* biótipo B em olfatômetro de quatro vias.

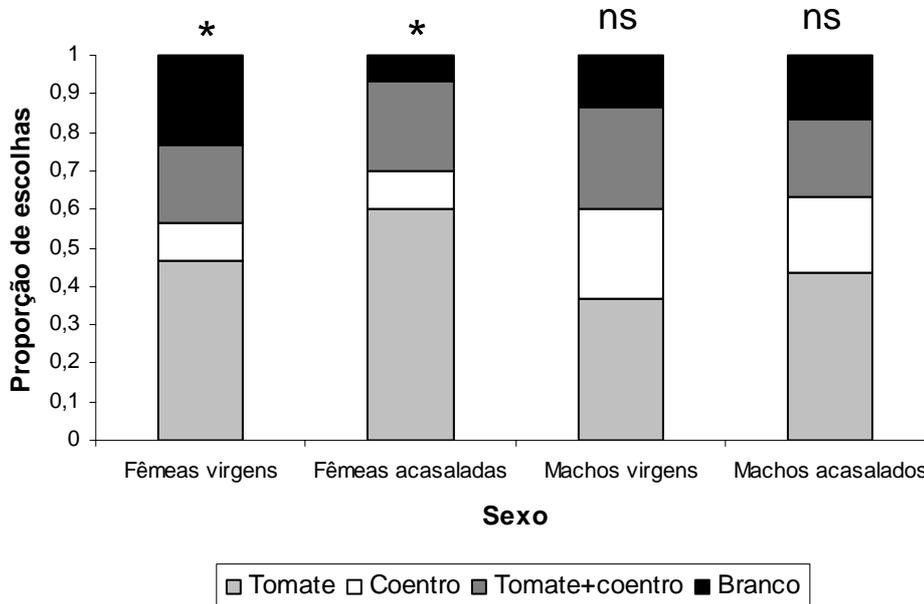


Figura 1.5: Proporção de indivíduos, fêmeas ou machos de *Bemisia tabaci* biótipo B, escolhendo os tratamentos Tomate, Coentro, Tomate+coentro e Branco em olfatômetro de quatro vias. * Diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) pelo teste do Qui-quadrado.

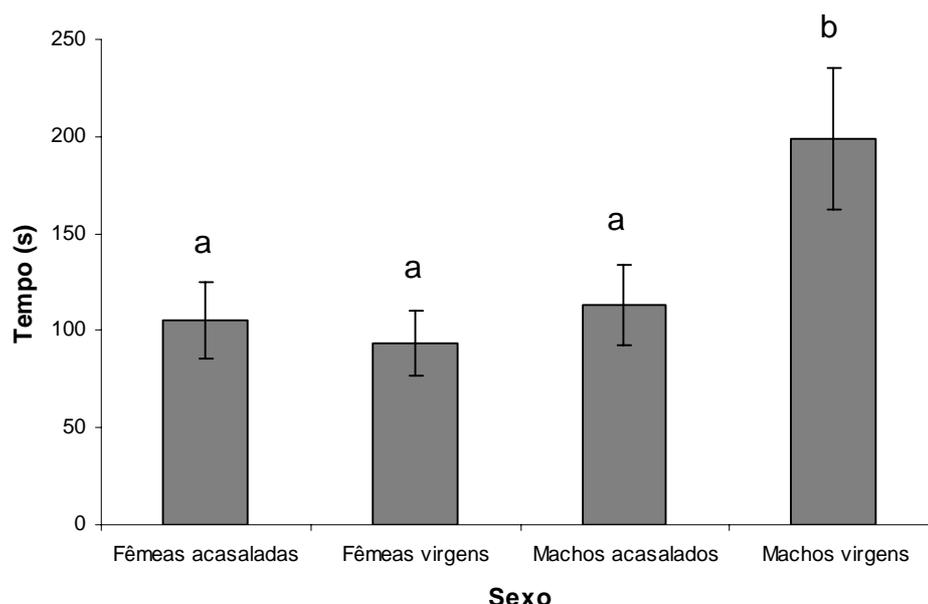


Figura 1.6: Tempo para escolha inicial (média \pm erro padrão) de um dos tratamentos (Tomate, Coentro, Tomate+coentro e Branco) por machos e fêmeas acasalados e virgens de *Bemisia tabaci* Biótipo B em olfatômetro de quatro vias. Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Dunn.

Tabela 1.2: Comparação do número de visitas (média \pm erro padrão) de machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* Biótipo B e entre sexos em cada tratamento avaliado em olfatômetro de quatro vias.

Sexo	Tratamento			
	Tomate	Coentro	Tomate+coentro	Branco
Fêmeas				
Virgens	2,06 \pm 0,28 aA	0,76 \pm 0,15 bA	0,8 \pm 0,16 bA	0,86 \pm 0,19 bA
Acasaladas	1,16 \pm 0,17 aA	0,6 \pm 0,21 bA	0,96 \pm 0,14 cA	0,76 \pm 0,18 dA
Machos				
Virgens	1,1 \pm 0,16 aA	0,4 \pm 0,14 bA	0,56 \pm 0,14 bB	0,3 \pm 0,13 bB
Acasalados	1,43 \pm 0,26 aA	0,8 \pm 0,16 aA	0,83 \pm 0,21 aB	0,93 \pm 0,19 aA

* Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferiram significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Dunn.

¹ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 11,74$; $P = 0,008$

² Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 19,12$; $P < 0,001$

³ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 20,27$; $P < 0,001$

⁴ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 44,46$; $P = 0,217$

^a Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 7,7$; $P = 0,053$

^b Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 5,48$; $P = 0,14$

^c Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 10,43$; $P = 0,015$

^d Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 11,23$; $P = 0,011$

Tabela 1.3: Comparação do tempo de residência (s) (média \pm erro padrão) de machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* Biótipo B e entre sexos em cada tratamento avaliado (Tomate, Coentro, Tomate+coentro, Branco). Cada indivíduo foi observado por 900 segundos em olfatômetro de quatro vias.

Sexo	Tratamento			
	Tomate	Coentro	Tomate+coentro	Branco
Fêmeas				
Virgens	259,09 \pm 44,95 aA	154,48 \pm 28,21 bA	180,96 \pm 38,13cA	79,39 \pm 23,15 bA
Acasaladas	318,49 \pm 56,15 aA	72,99 \pm 23,75 bA	173,19 \pm 36,68 cA	124,48 \pm 46,47 bA
Machos				
Virgens	375,53 \pm 47,5 aA	58,92 \pm 17,71 bA	107,99 \pm 17,71 cB	25,93 \pm 11,57 bB
Acasalados	217,34 \pm 52,25 aA	132,52 \pm 38,83 aA	98,1 \pm 36,2 aB	146,08 \pm 41,93 aA

* Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferiram significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Dunn.

¹ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 21,34$; $P < 0,001$

² Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 16,89$; $P < 0,001$

³ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 43,98$; $P < 0,001$

⁴ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 51,45$; $P = 0,161$

^a Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 6,362$; $P = 0,095$

^b Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 4,308$; $P = 0,230$

^c Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 11,673$; $P = 0,009$

^d Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 12,516$; $P = 0,006$

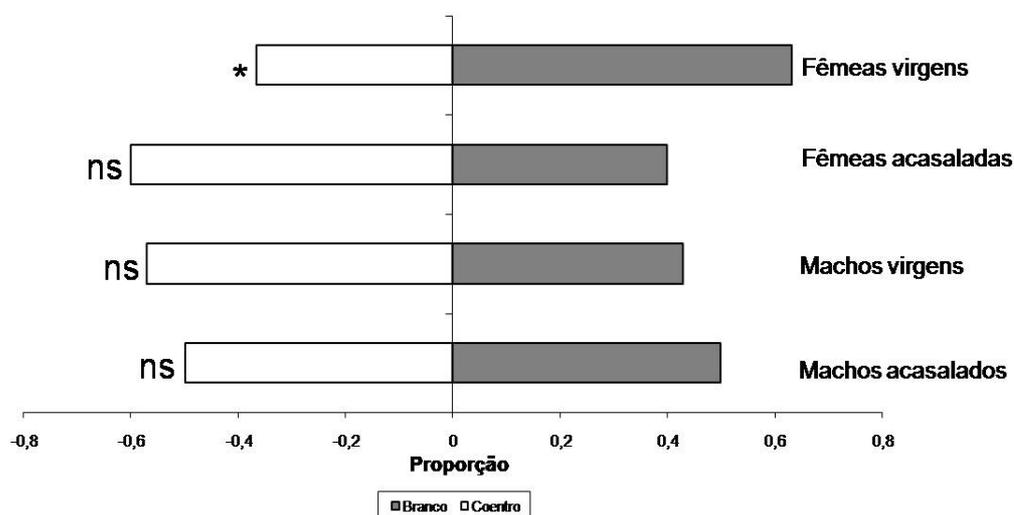


Figura 1.7: Proporção de escolhas iniciais dos tratamentos Branco (valores positivos) e coentro (valores negativos) por machos e fêmeas de *Bemisia tabaci* Biótipo B em olfatômetro de quatro vias. A proporção de escolhas do tratamento Branco corresponde à soma das escolhas em três vias do olfatômetro (ver texto para detalhes). * Diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) pelo teste do Qui-quadrado.

Tabela 1.4: Comparação do tempo de residência (s) (média \pm erro padrão) de machos e fêmeas virgens e acasalados de *Bemisia tabaci* Biótipo B nos tratamento Branco e Coentro e tempo de permanência em cada tratamento entre os sexos. Cada indivíduo foi observado por 900 segundos em olfatômetro de quatro vias.

Sexo	Tratamento			
	Branco	Coentro 1	Coentro 2	Coentro 3
Fêmeas				
Virgens	315,26 \pm 34,32 aA	129,84 \pm 21,62 bA	68,4 \pm 17,08 bA	48,11 \pm 18,51 bA
Acasaladas	207,99 \pm 30,2 aB	119,57 \pm 24,47 bA	185,99 \pm 40,41 aA	77,2 \pm 24,16 bA
Machos				
Virgens	250,81 \pm 25,22 aB	168,85 \pm 25,24 aA	65,99 \pm 14,22 bA	83,9 \pm 26,45 bA
Acasalados	247,04 \pm 30,83 aB	163,23 \pm 27,91 aA	56,59 \pm 19,1 bA	81,75 \pm 18,19 bA

* Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna não diferiram significativamente ($P > 0,05$) pelo teste Dunn.

¹ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 47,672$; $P < 0,001$

² Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 16,340$; $P < 0,001$

³ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 36,653$; $P < 0,001$

⁴ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 35,424$; $P < 0,001$

^a Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 8,689$; $P = 0,034$

^b Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 3,917$; $P = 0,271$

^c Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 7,317$; $P = 0,062$

^d Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 3,271$; $P = 0,352$

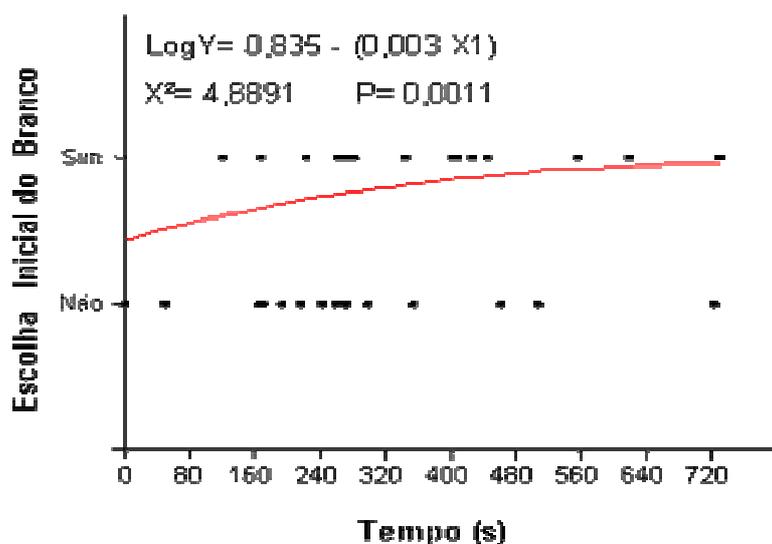


Figura 1.8: Relação entre a probabilidade de escolha do tratamento Branco e tempo de residência de fêmeas virgens de *Bemisia tabaci* biótipo B neste tratamento em olfatômetro de quatro vias.

CAPÍTULO II

Manejo Ecológico de *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) pela Conservação de Inimigos Naturais (Insecta) em Tomateiro Orgânico

Resumo

A adoção de práticas culturais como o consórcio de culturas e o tipo de irrigação podem afetar negativamente as populações de insetos-praga como a mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B em cultivos orgânicos de tomate. Essas práticas também podem beneficiar a comunidade de inimigos naturais no agroecossistema ao disponibilizar microhabitats mais favoráveis e recursos alternativos. O objetivo deste capítulo é avaliar como o consórcio tomate+coentro e o tipo de irrigação (gotejamento e aspersão) podem alterar a flutuação populacional de *B. tabaci* biótipo B e beneficiar a comunidade de inimigos naturais. O trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, no período de 29/07/08 a 13/11/08. Os tomateiros foram plantados em monocultivo ou consorciados com o coentro e irrigados por gotejamento e por aspersão (três repetições por tratamento), formando dois conjuntos de parcelas experimentais de acordo com o tipo de irrigação. Durante o ciclo da cultura foi avaliado a abundância de adultos e ninfas de *B. tabaci* e a abundância, riqueza e diversidade da comunidade de inimigos naturais. Para os adultos de mosca-branca, o consórcio tomate+coentro foi mais eficiente nas primeiras cinco semanas nos dois sistemas de irrigação reduzindo as populações iniciais na área. Após a 11^a semana a abundância de *B. tabaci* foi semelhante entre os tratamentos. A densidade de ninfas por planta também foi menor nos tratamentos com coentro. Nesses tratamentos houve maior abundância, riqueza e diversidade de espécies de inimigos naturais, principalmente quando irrigado por aspersão. No entanto, a resposta de cada espécie de inimigo natural foi distinta para o consórcio ou o tipo de irrigação. Além disso, o coentro não interferiu na produtividade do tomateiro.

Palavras-chave: Flutuação populacional, mosca-branca, *Coriandrum sativum*, controle biológico conservativo, agricultura orgânica.

Introdução

O tomateiro destaca-se dentre as hortaliças cultivadas no Brasil em área plantada (56.275 ha), em produção (3.356.456 toneladas) e produtividade (57,9 t/ha), sendo cultivado em todas as regiões brasileiras sob diferentes sistemas de manejo (IBGE, 2007). O tomate mesa, para consumo *in natura*, é produzido principalmente por agricultores familiares e responde pela maior parte da demanda interna do país. Essa cultura é susceptível a colonização por várias espécies de artrópodes-praga como *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae), *Agrotis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) e *Frankiniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae) que são os principais limitantes de sua produção (Lopes Filho, 1990). Em sistemas de cultivo orgânico este é um fator ainda mais importante, pois não são aplicados inseticidas químicos para o controle dessas pragas.

Em cultivos orgânicos são adotadas práticas de manejo cultural (*e.g.* consorciação de culturas, períodos sem plantio e manejo do sistema de irrigação) que dificultam o encontro da planta hospedeira pela praga e favorecem o controle biológico natural de herbívoros-praga (Letourneau & Bothwell, 2008). Essas práticas tendem a aumentar a competição intra e interespecífica e favorecem a eficiência dos agentes de controle biológico na manutenção das populações de suas presas a um nível abaixo do limiar de dano econômico (Gliessman, 2005). Devido à qualidade nutricional das plantas pela adubação orgânica (Drinkwater *et al.*, 1998) e as demais práticas adotadas pelos produtores orgânicos de tomate, a comunidade de herbívoros e inimigos naturais é mais diversa do que em sistemas convencionais e a atuação dos inimigos naturais pode compensar o uso de inseticidas para o controle populacional de insetos-praga (Letourneau & Goldstein, 2001). Todos estes fatores tornam o tomateiro um bom modelo para trabalhos de interação inseto-planta e controle biológico conservativo em uma estratégia fundamentada na aplicação de conceitos ecológicos para o manejo de pragas.

No cultivo de tomate, a mosca-branca *B. tabaci* biótipo B é considerada uma das principais pragas por danos causados de forma direta e indireta (Oliveira, 2001). Os danos diretos são causados pela sucção contínua de seiva e pela excreção do *honeydew*, principalmente pelos imaturos, favorecendo o crescimento do fungo fumagina que diminui a capacidade fotossintética da planta e o valor comercial dos frutos (Villas-Bôas

et al., 1997). Porém, os principais danos são causados pela transmissão de viroses (família Geminiviridae) que causam, dentre outros sintomas, o nanismo acentuado das plantas, reduzindo a produtividade por planta e causa o amadurecimento irregular dos frutos que dificulta a identificação do ponto de colheita (Jones, 2003). Essa espécie possui alta plasticidade genotípica e se alimenta em mais de 600 espécies de plantas hospedeiras (Perring, 2001). Devido a essas características, a aplicação de inseticidas para o controle desse biótipo de mosca-branca tem se mostrado cada vez mais incipientes e tem selecionado populações resistentes (Prabhaker *et al.*, 1985; Cahill *et al.*, 1995; Palumbo *et al.*, 2001). Estes produtos também podem afetar negativamente populações não-alvo de predadores e parasitóides de diferentes grupos taxonômicos (Hole *et al.*, 2005).

A conservação dos inimigos naturais de *B. tabaci* é um elemento fundamental para o controle dessa praga e provavelmente é uma das áreas que mais vem sendo estudada nos últimos anos (Naranjo, 2001). Gerling *et al.* (2001), catalogaram 114 espécies de predadores, pertencendo a nove ordens, 31 famílias e 48 espécies de parasitóides que podem ser utilizados em programas de controle biológico desta espécie de mosca-branca. Essa lista continua a crescer por todo o mundo, principalmente em regiões em que a introdução dessa espécie é relativamente recente, como no Distrito Federal (Oliveira *et al.*, 2003). Além da ação desses inimigos naturais o desalojamento por ação mecânica da água são os principais fatores de mortalidade de *B. tabaci* (Naranjo & Ellsworth, 2005). No tomateiro, já foi comprovado que o consórcio com o coentro pode reduzir a abundância de ninfas e adultos de *B. tabaci* no sistema (Hilje & Stansly, 2008) sendo mais eficiente sob manejo orgânico (Togni *et al.*, 2007). Entretanto, ainda não é evidente qual período do ciclo da cultura este consórcio é mais eficiente da mesma forma que ainda não foi confirmada se inimigos naturais podem ser atraídos pelo coentro e aumentar sua eficiência no controle de suas presas.

O objetivo deste capítulo é avaliar o efeito de práticas culturais como o consórcio tomate+coentro e o tipo de irrigação (gotejamento e aspersão) na flutuação populacional de *B. tabaci* biótipo B e na estrutura e composição da comunidade de inimigos naturais em sistema orgânico de produção de tomate. Provavelmente o coentro reduz a colonização do tomateiro ao dificultar o encontro da planta hospedeira pelo inseto, sendo esse consórcio mais eficiente quando irrigado por aspersão devido ao desalojamento de adultos e ninfas. Além disso, as plantas de coentro podem conservar maior abundância e diversidade de inimigos naturais pela disponibilização de recursos

alternativos para estes, favorecendo o controle biológico de *B. tabaci* biótipo B e outros herbívoros. Para direcionamento do estudo, foram formuladas as seguintes questões: 1. Em plantios consorciados de tomate+coentro, adultos e ninfas de *B. tabaci* são menos abundantes em relação ao monocultivo de tomate? 2. A irrigação por aspersão afeta negativamente a população de *B. tabaci*, principalmente associado ao consórcio tomate+coentro? 3. O coentro aumenta a abundância e diversidade de espécies de inimigos naturais no interior das parcelas? 4. O tipo de irrigação também pode interferir na estruturação e composição dessas comunidades? 5. Quais as espécies mais afetadas por cada tipo de prática de manejo (consórcio tomate+coentro e irrigação)?

Materiais e Métodos

Área de estudo

Este trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Hortaliças (CNPq) (15° 56'S, 48°08'W, altitude 997,6 m) situado a aproximadamente 45 km do Plano Piloto, Brasília – DF, durante o período de 29/07/08 a 13/11/08. O campo experimental possui uma área total de 110 ha de latossolo vermelho escuro (Embrapa Solos, 1999), sendo 18 ha destinados à Área de Pesquisa em Produção Orgânica de Hortaliças (APPOH). Essa área é manejada de acordo com os princípios da agricultura orgânica e técnicas agroecológicas desde 2001 e situa-se a aproximadamente 150 m da área de produção convencional e a 250 m de uma mata ciliar ao norte da área.

Entre as áreas convencional e orgânica há uma faixa de bananeiras *Musa paradisiaca* (Musaceae), em policultivo com diferentes variedades de cafeeiro *Coffea arabica* (Rubiaceae), *Crotalaria juncea* (Fabaceae), amendoim forrageiro *Arachis* sp. (Fabaceae) e algumas espécies arbóreas, servindo como barreira de vento e isolamento das duas áreas de produção. Na APPOH as seguintes culturas fazem policultivo em sistema de rotação de culturas: tomate, cebola, alho, cenoura, batata, brócolis, pepino e repolho. Nas áreas de plantio dessas culturas foram estabelecidas faixas de margaridão *Thithonia grandiflora* (Asteraceae) como barreira de vento, isolamento entre talhões de plantio e para aumentar a diversidade vegetal dos sistemas produtivos, conforme descrito por Medeiros (2007). São utilizados principalmente milho, crotalária e sorgo como adubo verde devido à grande disponibilização de matéria seca e liberação de N no

solo por essas plantas (Torres *et al.*, 2005). Nas áreas não cultivadas é permitido o crescimento de vegetação espontânea onde predomina o capim napier, *Pennisetum purpureum* (Poaceae) e capim braquiária *Brachiaria decumbens* (Poaceae).

Desenho experimental

As parcelas experimentais foram formadas por plantas de tomate *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae) variedade Pollyana e coentro *Coriandrum sativum* (Apiaceae) variedade Verdão, em sistema de cultivo orgânico. O tomateiro foi plantado em monocultivo ou consorciado com coentro sendo irrigados por gotejamento e por aspersão, compondo dois conjuntos de parcelas experimentais de acordo com o sistema de irrigação utilizado. Cada conjunto de parcelas experimentais media 1377,6 m² e eram distantes 20 m entre si. O experimento foi formado então pelos tratamentos: 1. monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), 2. consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), 3. monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT), 4. consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Cada tratamento teve três replicações inteiramente casualizadas dentro de cada conjunto de parcelas. Cada parcela media 98,28 m², espaçadas lateralmente 3,55 m e com uma rua central de 4m para acesso do maquinário agrícola (Figura 2.1). Ao redor de cada conjunto de parcelas foram estabelecidas bordaduras de milho (*Zea mays*) e sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) como barreira de vento, adubo verde e para aumentar a diversidade de espécies vegetais no sistema produtivo.

Previamente ao plantio foi realizada adubação verde com *C. juncea* que foi revolvida e incorporada no solo. Em seguida, o solo foi adubado com 200 g/m linear de Termofosfato e 2 kg/m linear de cama de matriz, seguindo o mesmo padrão utilizado em outros plantios na APPOH. No início da primeira floração do tomateiro também foi feita adubação de cobertura com composto orgânico na base de cada tomateiro do experimento (Souza & Rezende, 2006). Para o transplante das mudas para o campo o solo foi irrigado no dia anterior para facilitar o estabelecimento das mudas e o processo de plantio. No gotejamento, as mangueiras dos gotejadores eram posicionadas nas laterais das plantas de tomate e nas bordaduras. Na aspersão a irrigação foi provida por nove aspersores dispostos entre as parcelas e distantes 8 m entre laterais e 18 metros entre aspersores (Figura 2.1). Os turnos de rega foram estabelecidos a partir da leitura diária de tensiomômetros (um por parcela) a fim de otimizar a frequência e intensidade da

irrigações (Maroueli, 2008).

Os tomateiros foram transplantados manualmente para o campo na forma de mudas, com um par de folhas expandidas, em 26/07/08 sendo uma muda por cova. Foi utilizado o sistema de fileiras duplas com espaçamento 0,55 m entre plantas, 0,8 m entre linhas simples e 1,6 m entre linhas duplas, totalizando nove linhas de plantio com 17 plantas por linha (153 plantas por parcela). Demais tratamentos culturais como desbaste e condução seguiram as recomendações técnicas de Makishima & Miranda (1992). Os tomateiros foram tutorados individualmente em sistema de varal, com uma planta por corda. Durante o ciclo da cultura foram realizadas duas aplicações de calda bordalesa, como prevenção a doenças causadas por fungos e bactérias, (23/09/08 e 08/10/08) e duas aplicações de bioinseticida a base de *Bacillus thuringiensis* (26/09/08 e 11/10/08) devido às altas infestações de traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) que ocorreram no experimento.

A semeadura do coentro foi realizada no dia 28/07/08 entre os tomateiros nos dois sistemas de irrigação, não sendo aplicados tratamentos culturais específicos. Após 45 dias da semeadura o coentro foi colhido, sendo deixados de quatro a seis pés para florescer entre cada grupo de dois tomateiros. No dia da colheita (10/09/08) foi realizada nova semeadura rala do coentro entre os tomateiros sem visar à colheita. A nova semeadura foi mantida durante todo o experimento e foi permitido que as plantas florescessem para disponibilização de pólen e néctar para os inimigos naturais (Medeiros, 2007). A fenologia das plantas de coentro e de tomate foram observadas e registradas durante todo o ciclo da cultura.

Coleta de dados

A abundância de adultos de *B. tabaci* foi monitorada semanalmente durante o período de 05/08/08 a 28/10/08 por armadilhas adesivas amarelas (10 x 12,25 cm). Foram instaladas 16 armadilhas por parcela, distantes 3 m uma da outra e posicionadas sempre na altura do terço superior das plantas de tomate. Em ensaios preliminares a essa distância as taxas de captura por armadilha foram significativamente diferentes, garantindo independência das amostragens. Semanalmente, as armadilhas eram coletadas, substituídas por outras e levadas ao laboratório para contagem dos adultos de *B. tabaci* em microscópio estereoscópico. O uso de armadilhas adesivas amarelas é um dos métodos mais utilizados para o monitoramento de populações de moscas-brancas

em todo o mundo. Esse método de amostragem é considerado de boa precisão resultando em dados pouco variáveis devido à atratividade dos adultos pela coloração amarela das armadilhas (Gerling & Horowitz, 1984; Palumbo *et al.*, 1995).

As ninfas de *B. tabaci* foram amostradas semanalmente de 15/09/08 a 27/10/08. A densidade de ninfas por parcela foi estimada pela quantidade média de ninfas de *B. tabaci* por planta de tomate. Para isso, foram amostradas oito plantas por linha de plantio (64 plantas por parcela) sendo quantificado o número de ninfas por folha. Semanalmente as mesmas 64 plantas de cada parcela eram amostradas. Em cada planta a quantificação das ninfas era realizada observando aleatoriamente cinco folhas de cada planta entre os terços inferior e médio das plantas de tomate (Ekbohm & Rumei, 1990).

Duas semanas antes da colheita do coentro foram iniciadas as avaliações da abundância, riqueza e diversidade de inimigos naturais nos tratamentos. Foram amostradas aleatoriamente 20 plantas de tomate por parcela, durante o período da manhã, em busca de inimigos naturais (predadores e parasitóides) nas plantas, conforme sugerido por Macedo & Botelho (2002). Os predadores e parasitóides foram coletados em campo com aspirador entomológico e levados para o laboratório para montagem e identificação. As famílias dos parasitóides coletados foram identificadas pelo Dr. Raúl A. Laumann no Laboratório de Ecologia e Semioquímicos de Insetos da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN). Para a amostragem dos inimigos naturais presentes no coentro foi colocada uma bandeja plástica (52 cm x 31 cm e 9 cm de altura), abaixo das plantas e estas foram sacudidas vigorosamente. Os indivíduos que caíram sobre a bandeja foram coletados com um aspirador entomológico, sendo registrada a abundância de cada espécie.

Também foram registradas variáveis abióticas no local, durante todo o ciclo da cultura, a fim de relacioná-las com as variáveis bióticas mensuradas. A cada dois ou três dias a temperatura média máxima, mínima e temperatura no momento da amostragem (período da manhã) eram registradas por um termohigromêtro (Gehaka). Durante todas as amostragens eram anotadas as condições climáticas, como os dias em ocorreu precipitação.

No final do ciclo da cultura foram realizadas seis colheitas no gotejamento e sete colheitas na aspersão nos dias 01/10/08, 9/10/08, 16/10/08, 30/10/08, 23/10/08, 06/11/08 e 13/11/08. Para evitar o efeito de borda na avaliação da produtividade, as plantas das bordas de cada parcela foram excluídas das amostragens. Portanto, a produtividade de cada parcela foi mensurada a partir da colheita dos frutos de 78 plantas

em uma área de 50 m² por parcela. Os frutos colhidos foram classificados como comerciais e não comerciais. Foram considerados como comerciais os frutos com diâmetro acima de 30 mm e com defeitos leves (sem podridão; queimadura; ou danos profundos, com profundidade maior que 1,5 mm, como lesão de origem mecânica, fisiológica ou causada por insetos). Após a classificação, os frutos foram contabilizados, pesados e separados por tratamento.

Análise dos dados

Comparação da densidade de adultos e ninfas de mosca branca e abundância de inimigos naturais entre os tratamentos: O número médio de adultos de mosca-branca capturados por armadilha em cada semana foi comparado em três fases do ciclo da cultura por Kruskal-Wallis (ANOVA não paramétrica), seguida teste de Dunn para identificar as diferenças entre os grupos, pois os dados não apresentaram distribuição normal (Zhar, 1999). O mesmo teste estatístico foi utilizado para comparar a abundância de ninfas observadas em plantas de tomate entre os tratamentos e para abundância e número de espécies de inimigos naturais por planta de tomate.

Composição e estrutura da comunidade de inimigos naturais: Para verificar a similaridade entre as comunidades de inimigos naturais coletados nos tratamentos foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard (Krebs, 1999). A diversidade de espécies entre os tratamentos foi calculada pelo índice de Shannon-Wiener para as médias de inimigos naturais por semana em cada tratamento. Este índice permitiu a comparação entre diferentes amostras por uma modificação no teste t de Student (Hammer *et al.* 2001; Zhar 1999). Dessa forma, foi possível comparar a diversidade de espécies entre os tratamentos monocultivo de tomate e o consórcio tomate+coentro em cada sistema de irrigação ao longo do período de amostragem. A fim de demonstrar quais espécies foram as principais responsáveis (dominância) pelas diferenças entre os grupos, foi calculada a contribuição da abundância total de cada espécie em relação a abundância total dos indivíduos pelo método de similaridade das porcentagens SIMPER (Clarke, 1993). Em seguida foi testado se a abundância dos indivíduos em cada tratamento, ao longo do período de amostragem, ajustava-se ao modelo de distribuição log-normal para verificar como cada espécie responde aos tratamentos (Krebs, 1999).

Padrões gerais da comunidade de inimigos naturais nos tratamentos: A influência do consórcio com coentro e do manejo da irrigação na estrutura e composição

da comunidade de inimigos naturais coletados foi avaliado pelo Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) das variáveis analisadas (abundância, riqueza e diversidade de espécies) ao longo do período de amostragem. A similaridade entre os autovalores do algoritmo das variáveis foi calculada pelo índice de similaridade de Bray-Curtis (Clarke, 1993; Hammer *et al.*, 2001).

Comparação das médias semanais das variáveis abióticas e produtividade entre os tratamentos: As diferenças entre as variáveis abióticas entre os blocos experimentais da aspersão e gotejamento foram comparada por teste t de Student ou equivalente não-paramétrico, quando necessário, para a variação semanal desses dados. Para isso, foi calculada a média semanal para cada variável a partir da média desses valores ao longo de cada semana. O número médio acumulado de frutos comercializáveis produzidos por parcela e a massa desses frutos foi comparada por análise de variância (ANOVA).

A comparação entre os tratamentos por Análise de variância - ANOVA foi realizada pelo programa SigmaStat (Systat Inc., 2004) e as demais análises pelo programa PAST (*Paleontological Statistic Analyses*) (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados

Flutuação populacional de adultos de Bemisia tabaci biótipo B

As populações de adultos de *B. tabaci* biótipo B nos quatro tratamentos testados apresentaram padrão de flutuação semelhante com três fases distintas ao longo do ciclo da cultura (Figura 2.2A). A primeira, durante as quatro semanas iniciais, quando houve um pico inicial e médias mais elevadas de captura nas armadilhas amarelas. Na seqüência ocorreu uma redução e estabilização dessas taxas de captura na fase intermediária. A partir da segunda colheita foi observado um rápido aumento na densidade de indivíduos até o final do período de amostragem (Figura 2.2A e B). Os períodos de maior abundância dos adultos coincidiram com a fase vegetativa do tomateiro (quatro semanas) e com o período de colheita dos frutos e senescência das plantas ao final de sua fenologia durante o experimento (Figura 2.2B).

Devido a esse padrão de flutuação populacional dos adultos de mosca branca relacionado com as fases fenológicas do tomateiro, a comparação do número médio de indivíduos capturados por armadilha em cada tratamento foi realizada separadamente

em cada fase. A fase de colonização do tomateiro pela mosca-branca foi definida como período das primeiras cinco semanas após o transplante das mudas. A fase de estabelecimento da mosca-branca na cultura foi entre 6-10 semanas e a fase de dispersão de 11-14 semanas. Durante as cinco primeiras semanas houve redução no número de indivíduos capturados por armadilha apenas no tratamento tomate+coentro irrigado por aspersão. No período posterior (6-10 semanas) o consórcio com o coentro também reduziu a abundância de adultos na irrigação por gotejamento, sendo as populações nos tratamentos de tomate em monocultivo equivalentes. A partir da 11^a semana não houve diferença significativa na abundância de adultos de *B. tabaci* entre os tratamentos (Tabela 2.1).

Densidade de ninfas de Bemisia tabaci biótipo B

A observação de ninfas de mosca-branca nas folhas de tomate foi iniciada na 7^a semana após o transplante das mudas e estabelecimento da população de adultos. Nos tratamentos com coentro, nos dois sistemas de irrigação, houve uma redução na quantidade de ninfas por folhas em relação ao monocultivo de tomate ($F_{3,1} = 4,373$, $P = 0,014$). No monocultivo de tomate, a água não reduziu significativamente o número de ninfas por folha. Portanto as populações de ninfas eram semelhantes nos tratamentos em monocultivo da mesma forma que as populações dos tratamentos consorciados com coentro não diferiram significativamente entre si (Figura 2.3). Por outro lado, independente do sistema de irrigação houve redução no número de ninfas por folha de tomate quando consorciado com o coentro (Figura 2.3). Esses resultados são consistentes com o padrão de coleta de adultos observado entre a 6^a-10^a semana na Tabela 2.1.

Abundância, riqueza e diversidade das espécies de inimigos naturais

Os inimigos naturais (predadores e parasitóides) coletados durante o período de amostragem foram mais abundantes nos tratamentos de consórcio de tomate com coentro em relação ao monocultivo de tomate, sendo afetados também pelo tipo de irrigação (Tabela 2.2). O mesmo padrão é observado em relação ao número de espécies coletadas por planta em cada tratamento. Apesar disso, no tratamento monocultivo de tomate irrigado por aspersão foram coletadas menos espécies em relação ao

gotejamento resultando em menores valores do índice de diversidade. Contudo, independente do sistema de irrigação, foi observada maior diversidade de espécies nos tratamentos com coentro em relação ao monocultivo de tomate (Tabela 2.2). A partir da quarta semana de amostragem foi observado um aumento na abundância dos inimigos naturais amostrados. Na terceira semana as plantas de coentro começaram a florir e na quarta semana (pico de abundância dos inimigos naturais) mais de 90% das plantas já estavam com as flores abertas. Além disso, foi verificada uma alta similaridade qualitativa (Índice de Jaccard = 0,78954) entre as espécies de inimigos naturais encontradas no coentro e no tomateiro.

Composição e estrutura da comunidade de inimigos naturais nos tratamentos

Foram identificadas no total sete ordens de inimigos naturais (predadores e parasitóides) da classe Insecta. A ordem Hymenoptera foi dividida entre vespas predadoras e parasitóides. Dentre os predadores em geral, nove espécies foram da ordem Coleoptera, quatro Hemiptera, dois Diptera e dois Hymenoptera, e uma de Dermaptera, Mantodea e Neuroptera (Tabela 2.3). Na ordem Hymenoptera foram identificadas 11 famílias de parasitóides: Braconidae, Scelionidae, Eulophidae, Pteromalidae, Megaspilidae, Bethylidae, Eupelmidae, Diapriidae, Phigilidae, Ichneumonidae e Mymaridae. As espécies com índices de importância mais elevados para o sistema foram, *Hippodamia convergens*, *Allograpta* sp., *Eriopis connexa*, *Condylostylus* sp. e parasitóides, respectivamente, onde cada espécie responde de forma diferenciada ao manejo da água e ao consórcio com coentro (Tabela 2.3). Estas espécies, provavelmente, são as principais responsáveis pelas diferenças observadas entre os tratamentos na Tabela 2.2. A família Coccinellidae foi a mais representativa nas coletas durante os períodos de amostragem.

Todos os indivíduos coletados da família Coccinellidae foram mais abundantes nos tratamentos com coentro, nos dois sistemas de irrigação. Aparentemente, essas espécies são beneficiadas pelo aumento da diversidade de espécies vegetais, não havendo influência direta do tipo de irrigação. Nas parcelas irrigadas por aspersão foram coletado mais indivíduos de *Condylostylus* sp. do que no gotejamento (Tabela 2.3). Nos dois sistemas de irrigação o coentro não favoreceu a abundância dessa espécie, sendo o manejo do sistema de irrigação mais relevante do que o consórcio com o coentro. Outro díptero, *Allograpta* sp., foi mais coletado nas parcelas com coentro em

relação ao monocultivo de tomate. Porém, no tratamento consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão foram encontrados mais indivíduos em relação ao seu equivalente no gotejamento. Dessa forma, o consórcio com o coentro e o tipo de irrigação afetam diretamente a abundância de *Allograpta* sp. O mesmo padrão é observado para os parasitóides.

A estrutura das comunidades foi semelhante entre os tratamentos se ajustando a um modelo de distribuição do tipo Log-normal (Krebs, 1999) com dominância de poucas espécies muito abundantes. Apesar disso, a composição e abundância das espécies é diferente entre os tratamentos sendo *Condylostylus* sp., *Allograpta* sp., *Chrysoperla externa* e *Hippodamia convergens* as espécies mais abundante no tratamento AT, ATC, GT e GTC, respectivamente (Figura 2.4). Independente do sistema de irrigação ou do consórcio com o coentro essas espécies, em conjunto com os parasitóides e *E. connexa* aparecem sempre entre as espécies mais abundantes na Figura 2.4.

Padrões gerais da comunidade de inimigos naturais

As diferenças na composição das comunidades e os tipos de resposta de cada espécie às práticas de manejo adotadas formaram quatro agrupamentos distintos quanto a composição da comunidade de inimigos naturais em cada tratamento em função desses fatores (Figura 2.5). Esses tratamentos também são influenciados pelo tipo de irrigação, onde a composição de espécies nos tratamentos consorciados difere quanto ao manejo da irrigação. Nos tratamentos monocultivo de tomate essas comunidades foram ordenadas mais próximas uma da outra e mais distantes das comunidades dos tratamentos consorciados (Figura 2.5). Essas diferenças são representadas pela diferença na resposta de cada espécie a cada um dos fatores avaliados (irrigação e consórcio com coentro) conforme está representado na Tabela 2.3.

Variáveis abióticas e produtividade

O experimento foi conduzido durante o período da seca no Distrito Federal, onde são registradas altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar o que pode influenciar diretamente nas atividades biológicas de *B. tabaci*, predadores e parasitóides. Das variáveis abióticas analisadas apenas a temperatura máxima na irrigação por

gotejamento ao longo do ciclo da cultura ($36,3 \pm 2,37$ °C) foi significativamente maior que na aspersão ($34,16 \pm 1,68$ °C) ($t_{24,2} = 2,068$ P= 0,041). A temperatura média durante o período de amostragem foi de $30 \pm 3,46$ °C e a temperatura mínima de $11,56 \pm 2,71$ °C. Ao contrário da temperatura máxima registrada, a umidade relativa mínima no gotejamento ($21,23 \pm 4,38$ °C) foi significativamente menor do que na aspersão ($24,73 \pm 3,96$ °C) ($t_{24,2} = -2,139$, P= 0,043). A umidade relativa do ar durante os períodos de amostragem foi de $36,5 \pm 11,99\%$ e a umidade relativa máxima de $82,73 \pm 7,33\%$.

Quanto à produtividade, não houve diferença significativa em relação ao número de plantas amostradas por parcela, não sendo este um fator de variação dos dados. O coentro não afetou a produtividade do tomateiro sendo o número médio de frutos comercializáveis produzidos e a massa (kg) desses frutos semelhante entre os tratamentos (Tabela 2.4).

Discussão

Nas primeiras quatro semanas após o transplante das mudas de tomate foi observado um pico de abundância dos adultos de *B. tabaci* biótipo B nas parcelas irrigadas por aspersão e por gotejamento e nos plantios em monocultura de tomate e consorciados com coentro. Isso provavelmente ocorreu pelo estabelecimento de adultos dispersando de culturas próximas, da mesma forma que observado para outros insetos pequenos como pulgões (Riley *et al.*, 1995). Durante este período a infestação precoce do tomateiro por *Begomovirus* transmitido por adultos de *B. tabaci* pode resultar em perda de produtividade e redução do número de frutos por planta (Giordano *et al.*, 2005). No monocultivo de tomate a irrigação não afetou a dinâmica populacional do inseto. Para outras espécies como *Frankniella* spp. o manejo da irrigação em monoculturas de algodão pode reduzir o número de indivíduos por folha e por flor, devido ao desalojamento de adultos e ninfas (Gencsoylu & Yilmaz, 2003). Esses padrões também já foram observados anteriormente para *B. tabaci* em algodão e outras culturas e depende também do regime de irrigação (regime de distúrbio) (Flint *et al.*, 1995; Naranjo, 2001; Naranjo & Ellsworth, 2005). No presente trabalho a frequência de irrigação foi controlada por tensiômetros instalados em cada parcela, o que reduziu a frequência de irrigação e o efeito mecânico da água sobre os adultos.

Durante essas primeiras cinco semanas de amostragem, apenas o tratamento

Tomate+coentro reduziu significativamente a densidade populacional de adultos. Isso demonstra um efeito direto da água e do consórcio com o coentro na colonização do tomateiro. Um fator a ser considerado é que o coentro foi plantado no dia do transplante das mudas de tomate, germinando a partir da segunda semana de amostragem. No gotejamento as sementes levaram mais tempo do que na aspersão para germinar, sendo os efeitos do consórcio tomate+coentro evidentes após a quarta semana de amostragem. Esses resultados reforçam a importância do plantio do coentro antes do transplante das mudas de tomate para o campo, conforme sugerido por Medeiros (2007), principalmente quando irrigado por gotejamento. Além disso, no capítulo 1 foi demonstrado que o coentro pode dificultar o encontro do tomateiro como hospedeiro da mosca-branca, podendo ser repelente para as fêmeas virgens. No Brasil o consórcio tomate+coentro reduz a preferência da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) pelo tomateiro (Medeiros, 2007). Hilje & Stansly (2008) também observaram redução da abundância de adultos de mosca-branca em tomate plantado em consórcio com hospedeiras e não-hospedeiras de *B. tabaci*, incluindo o coentro, na Costa Rica. Da mesma forma, o consórcio do coentro com couve também reduz as populações de pulgões *Brevycorine brassicae* (Hemiptera: Aphididae) (Resende, 2008).

Na seqüência, houve uma estabilização na abundância de adultos até a 10^a semana. Este período corresponde à população que se estabeleceu na área resultante da oviposição das populações iniciais na cultura. Nesse período os tratamentos com coentro em ambos os sistemas de irrigação reduziram a quantidade de adultos nas parcelas. Provavelmente, ao pousarem no tomateiro (recurso alimentar) consorciado com o coentro *B. tabaci* está sujeita a múltiplos estímulos sensoriais que aumentam a movimentação dos indivíduos entre plantas (Bird & Kruger, 2007). Ao realizar este comportamento os indivíduos provam diversas vezes o alimento classificando-o como ‘apropriado’ e ‘inapropriado’ (Finch & Collier, 2000). O estabelecimento da população é então condicionado ao somatório de estímulos apropriados ou inapropriados (*e.g.* pistas olfativas, palatabilidade do alimento, risco de predação) resultando em permanência na área ou dispersão para novas áreas, respectivamente. Como no gotejamento não ocorre ação mecânica da água no desalojamento dos indivíduos, *B. tabaci* levou mais tempo para responder ao consórcio com o coentro.

A maior coleta de adultos a partir da 11^a semana indica o início da dispersão dos indivíduos a partir do início das colheitas do tomateiro, devido a redução na qualidade do hospedeiro (final do ciclo da cultura). Apesar de *B. tabaci* ser pouco seletiva quanto

à qualidade nutricional de seus hospedeiros (Bernays & Mikenberg, 1997; Bernays, 1999), são observadas migrações massais dos indivíduos quando o valor nutritivo de seus hospedeiros é reduzido de acordo com a idade da planta (Byrne, 1999). Quando isso ocorre, os adultos tendem a realizar vôos ativos em um mecanismo de resposta fototóxica ao céu, que é dependente do sexo, idade e condição de acasalamento (Blackmer & Byrne, 1993). De acordo com Byrne & Bellows Jr. (1991) os indivíduos que emergem (virgens) têm uma propensão maior a migrar para novas áreas, o que explica a maior taxa de captura de adultos neste período que não difere entre os tratamentos. Além disso, durante a colheita do tomateiro *B. tabaci* biótipo B não é tão importante como insetos broqueadores dos frutos como lagartas de *T. absoluta*, *Agrotis* spp. e *Helicoverpa zea* (Lopes Filho, 1990).

Houve redução no número de ninfas de *B. tabaci* biótipo B por planta de tomate nos tratamentos consorciados com coentro, seguindo o mesmo padrão observado para os adultos, a partir da 6ª semana de amostragem. Em cultivos consorciados de melão e melancia com coentro Costa & Bleicher (2006) verificaram menor oviposição de *B. tabaci* em comparação ao monocultivo dessas espécies. A redução da densidade de ninfas observada em tomate, melão e melancia consorciados com coentro também concorda com resultados anteriores, como os de Ramappa *et al.* (1998) que verificaram menor infestação de ninfas em tomate consorciado com hospedeiras alternativas e com Bezerra (2001), que observou o mesmo padrão em tomate no semi-árido brasileiro.

Durante a fase de ninfa ocorrem as maiores taxas de mortalidade dessa espécie para diferentes hospedeiros (Villas-Bôas *et al.*, 2002; Albergaria *et al.*, 2003). Para *B. tabaci* é bem documentado que em períodos de chuva ocorre intenso desalojamento de ovos e ninfas da mesma forma que na irrigação por aspersão (Leggett, 1993; Flint *et al.*, 1996; Castle, 2001;). Junto a predação e parasitismo, o desalojamento de ninfas pela ação mecânica da água são considerados fatores-chave de mortalidade em algodão sem aplicação de inseticida (Naranjo & Ellsworth, 2005) Por outro lado, no presente trabalho o sistema de irrigação não reduziu a densidade de ninfas por planta. Como o experimento foi conduzido em uma época de elevadas temperaturas e precipitação pluviométrica próxima a zero, é possível que a irrigação tenha promovido um microclima mais favorável para o desenvolvimento dos imaturos. Por esse motivo é possível que este fator tenha compensado o desalojamento dos indivíduos. Além disso, as ninfas se desenvolvem na parte abaxial da folha como uma estratégia para minimizar os efeitos mecânico da água sobre os imaturos (Byrne & Bellows Jr., 1991).

Além de reduzir a população de adultos e imaturos de *B. tabaci* biótipo B, o consórcio tomate+coentro favoreceu a conservação da comunidade de inimigos naturais no sistema de cultivo orgânico de tomate. Outro fator que afeta diretamente a conservação desses inimigos naturais é a frequência de distúrbio (*e.g.* inseticidas, irrigação, tratos culturais) (Picanço *et al.*, 2007; Monteiro, 2008). As condições microclimáticas proporcionadas pela irrigação por aspersão em períodos secos podem ser mais favoráveis para as espécies em comparação ao gotejamento, principalmente em plantios consorciados. Devido a isso, o coentro pode servir como abrigo contra a ação direta da água em ovos, imaturos e adultos de predadores e parasitóides. Então, pode ocorrer o beneficiamento do primeiro nível trófico (tomateiro) quando os inimigos naturais são eficientes no controle de suas presas em um mecanismo do tipo *top-down*, como observado em alfafa nos EUA (Dyer & Stireman III, 2003).

Após a floração do coentro houve um aumento na abundância de inimigos naturais em todos os tratamentos e foi verificado um alto índice de similaridade qualitativo entre as espécies coletadas nas plantas de coentro e de tomate. Isso indica que as espécies que utilizam de alguma forma as plantas de coentro também utilizam o tomateiro durante seu desenvolvimento. Provavelmente, o coentro ao florescer disponibiliza recurso alternativo para os inimigos naturais (presas, pólen e néctar) que podem aumentar as taxas de assimilação de C e N pelos indivíduos (Patt *et al.*, 2003) e aumentar o sucesso reprodutivo de predadores como *Chrysoperla externa*, pela complementação da dieta com néctar e pólen (Venzon *et al.*, 2004). Plantas com floração intensa e de fácil acesso a predadores e parasitóides, como o girassol *Helianthus* spp. também podem aumentar a abundância e diversidade de inimigos naturais nas culturas adjacentes (Jones & Gillet, 2005). Devido a esses fatores, o coentro, da mesma forma que outras plantas de crescimento rápido e com grande disponibilidade de flores, podem ser atrativos para diversas espécies de inimigos naturais (Fiedler & Landis, 2007).

Langelloto & Denno (2004), utilizando técnicas de meta-análise demonstraram que o aumento da complexidade do habitat pela consorciação de culturas também aumenta a abundância e diversidade de espécies em relação a habitats homogêneos como as monoculturas. As principais causas desse aumento na abundância e diversidade de inimigos naturais devem-se principalmente pela disponibilização de refúgios contra predação intraguilda e acesso a recursos alternativos (presas, pólen ou néctar) (Altieri, 1999; Colley & Luna, 2000, McCann, 2000). Portanto, o coentro aumenta a

complexidade estrutural do habitat além de fornecer alimento alternativo (pólen e néctar) para essas espécies.

Dentre as espécies coletadas *H. convergens*, *Allograpta* sp., *E. connexa*, *Condylostylus* sp. e parasitóides (Hymenoptera), respectivamente, foram as espécies que mais contribuíram para as diferenças observadas entre os tratamentos. Todas essas espécies possuem hábito alimentar polífago, podendo ser responsáveis pelo controle populacional de diferentes herbívoros-praga no agroecossistema (Obrycki & Kring, 1998). Contudo, cada espécie responde de forma diferenciada ao consórcio tomate+coentro e ao manejo da irrigação.

Os coccinelídeos foram mais abundantes no consórcio tomate+coentro, independente do sistema de irrigação. Para essas espécies o coentro pode servir como recurso alternativo de várias formas (Fiedler & Landis, 2007). O coentro de forma geral não apresenta grandes problemas com pragas, porém pode ser hospedeiros para pulgões que servem como presa alternativa às normalmente encontradas no tomateiro. Por isso, ao longo do experimento foram observadas pupas e ovos de coccinelídeos nessas plantas. Também foi observado em campo indivíduos se alimentando das inflorescências do coentro, da mesma forma que observado por Resende (2008) em couve consorciada com coentro em sistema orgânico. Por isso, para as espécies coletadas de Coccinellidae o coentro serviu como fonte alternativa de alimentação e oviposição.

Para *Condylostylus* sp. que pode voar ativamente por longas distâncias, o manejo da irrigação parece ser mais relevante que o consórcio com o coentro provavelmente por criar microclimas mais favoráveis. Para os parasitóides o mesmo padrão é observado, porém estes, assim como Coccinellidae, podem utilizar pólen e néctar como complemento alimentar para que sejam mais eficientes na localização e parasitismo de seus hospedeiros (Bianchi & Wackers, 2008). Já *Allograpta* sp. aproveita o pólen e néctar disponibilizado pelo coentro como alimento (Colley & Luna, 2000). Para espécies de sirfídeos de hábito forrageador ativo como *Allograpta exotica*, a arquitetura, facilidade de acesso e disponibilidade de néctar e pólen nas flores também é um fator determinante para sua atração (Morales & Köhle, 2008). Nesse sentido, o coentro apresenta inflorescências abundantes e bem expostas facilitando o acesso de diferentes espécies ao recurso. Essa espécie é mais abundante ainda no consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão em comparação a este consórcio irrigado por gotejamento, sendo favorecida também pelo microclima promovido pela irrigação por aspersão.

Por isso, apesar de apresentarem estrutura semelhante, a composição e densidade de cada espécie varia de acordo com o tipo de manejo (irrigação e consórcio com o coentro) formando quatro comunidades com estruturas semelhantes, porém com composição de espécies distintas. Tais diferenças na resposta das espécies a cada tipo de prática cultural adotada formam comunidades distintas separadas pelo tipo de irrigação utilizado e pelo consórcio do tomateiro com o coentro. Outros autores também observaram mudanças na composição da comunidade de inimigos naturais em função das práticas culturais adotadas por cada produtor, onde o manejo da irrigação e o consórcio de plantas afetam de modo diferenciado cada espécie no agroecossistema (Letourneau & Goldstein, 2001; Thomson, 2006). Para o planejamento de estratégias de controle biológico devem ser avaliadas quais as espécies-chave para cada tipo de agroecossistema e quais as práticas locais que podem beneficiá-las e reduzir a colonização das principais pragas (Zehnder *et al.*, 2007).

Em sistemas orgânicos, principalmente irrigados por aspersão, o não uso de herbicidas dificulta o controle das plantas de crescimento espontâneo (Souza & Rezende, 2006). Contudo, essas plantas podem desempenhar funções semelhantes às do coentro no sistema, quanto a atratividade para inimigos naturais, desde que manejadas para não interferir na produtividade do tomateiro. No semi-árido brasileiro, Bezerra *et al.* (2001), verificaram maior abundância de predadores e parasitóides de *B. tabaci* em tomate plantado próximo a plantas de crescimento espontâneo do que tomate plantado em monocultura. Além disso, as temperaturas mais elevadas observadas nas parcelas irrigadas por gotejamento podem interferir negativamente no desenvolvimento e longevidade dos indivíduos (Butler *et al.*, 1983), sendo preferidas as áreas irrigadas por aspersão e com coentro.

Para *B. tabaci*, Gerling *et al.* (2001) catalogaram 114 espécies de predadores, pertencendo a nove ordens, 31 famílias e 48 espécies de parasitóides. A maioria dos predadores são coleópteros (Coccinellidae), sugadores (Miridae, Anthocoridae), neurópteros (Chrysopidae, Coniopterygidae), ácaros predadores (Phytoseiidae) e aranhas em geral (Aranea). Das espécies coletadas neste trabalho apenas os parasitóides, *Podisus* sp., *Doru luteipes* e vespas predadoras não são inimigos naturais deste herbívoro. Estudos realizados na Califórnia verificaram que no tomateiro orgânico a comunidade de inimigos naturais é mais diversa que em sistemas convencionais e a atuação destes pode compensar o uso de inseticidas para o controle de pragas (Letouneau & Goldstein, 2001). Devido à grande resistência aos inseticidas por *B.*

tabaci, predadores e parasitóides são os principais fatores bióticos de mortalidade para essa espécie (Naranjo & Ellsworth, 2005). Em quiabeiro, por exemplo, a predação associada a fatores abióticos é responsável por uma mudança na dinâmica populacional desse herbívoro, ocasionando maior produtividade por planta (Leite *et al.*, 2005). Trabalhos anteriores, que consideraram inimigos naturais específicos de mosca-branca nas análises dos dados, demonstraram uma correlação negativa entre inimigos naturais e ninfas de *B. tabaci*, indicando que esses podem ser importantes agentes bióticos de mortalidade (Togni *et al.*, 2007).

Embora a abundância e diversidade de ácaros predadores não tenham sido avaliadas, estes podem procurar ativamente ninfas de *B. tabaci* através de pistas olfativas (Nomikou *et al.*, 2005). Por outro lado, adultos de *B. tabaci* evitam plantas com ácaros predadores também por pistas olfativas, como estratégia contra predação (Nomikou *et al.*, 2003). É possível que o mesmo se aplique para plantas com outras espécies de predadores. Por isso, o coentro pode dificultar o encontro do tomateiro como planta hospedeira de *B. tabaci* biótipo B (capítulo 1) ao passo que também aumenta o risco de predação no tomate quando consorciado com coentro pelo beneficiamento de seus inimigos naturais.

Nas parcelas irrigadas por gotejamento as temperaturas máximas registradas foram superiores ao observado na aspersão enquanto que a umidade relativa mínima na aspersão foi superior a do gotejamento. Isso diminui a amplitude de variação dessas variáveis abióticas nas parcelas irrigadas por aspersão o que pode ter favorecido a criação de microclimas mais favoráveis para herbívoros e inimigos naturais. Como o experimento foi conduzido durante a estação seca do Distrito Federal, esses fatores podem ter sido determinantes na maior abundância de inimigos naturais e conseqüentemente na sua eficiência de captura de suas presas. De acordo com Logan *et al.* (1976) a temperatura e umidade são dois fatores que podem influenciar diretamente o ciclo biológico de insetos.

Nas condições avaliadas neste trabalho o coentro favoreceu a abundância de espécies em relação ao monocultivo de tomate e reduziu a abundância de *B. tabaci*, mas esses efeitos não foram suficientes para alterar a produtividade da cultura. Isso pode ser devido a baixa pressão de inóculo de geminivíroses e baixa densidade populacional da mosca branca. O número de frutos comercializáveis e a massa (kg) desses frutos não diferiram entre os tratamentos. A produtividade média dos tomateiros entre os tratamentos foi considerada satisfatória levando em consideração a produtividade de

50,8 t/ha para tomate de mesa no Brasil (IBGE, 2007). Esses resultados apóiam a hipótese de baixo inóculo das geminiviruses que não causou perda significativa de produtividade nos tratamentos. Hilje & Stansly (2008) realizaram análises econômicas do consórcio tomate+coentro demonstrando que o plantio dessas duas espécies pode também aumentar a renda do produtor pela colheita do coentro. Após a primeira colheita os pés de coentro deixados para florescer ainda podem produzir sementes que podem ser utilizadas em novos plantios e reduzir o custo para compra dessas sementes, principalmente para pequenos produtores familiares.

A conclusão deste capítulo é que o coentro reduziu a abundância de adultos e ninfas de *B. tabaci* biótipo B quando consorciado com o tomateiro, não sendo a irrigação um fator tão importante para o manejo da espécie como praga em períodos de baixa precipitação pluviométrica. Além disso, o consórcio tomate+coentro favorece a conservação de predadores e parasitóides, pois são encontradas maior abundância e diversidade de espécies em relação ao monocultivo, principalmente quando irrigado por aspersão. Cada uma dessas práticas de manejo atuam de forma diferenciada favorecendo grupos de espécies de inimigos naturais componente do agroecossistema. Devido aos efeitos negativos diretos na população de moscas-brancas, demonstrados no capítulo 1, e o aumento da abundância de inimigos naturais a partir da floração do coentro o plantio do coentro deve ser feito 15 dias antes do transplante das mudas de tomate para o campo. Isso beneficiaria o tomateiro pela redução na colonização de adultos de *B. tabaci* migrantes de outras áreas e atrairia mais rapidamente os inimigos naturais para dentro dos cultivos.

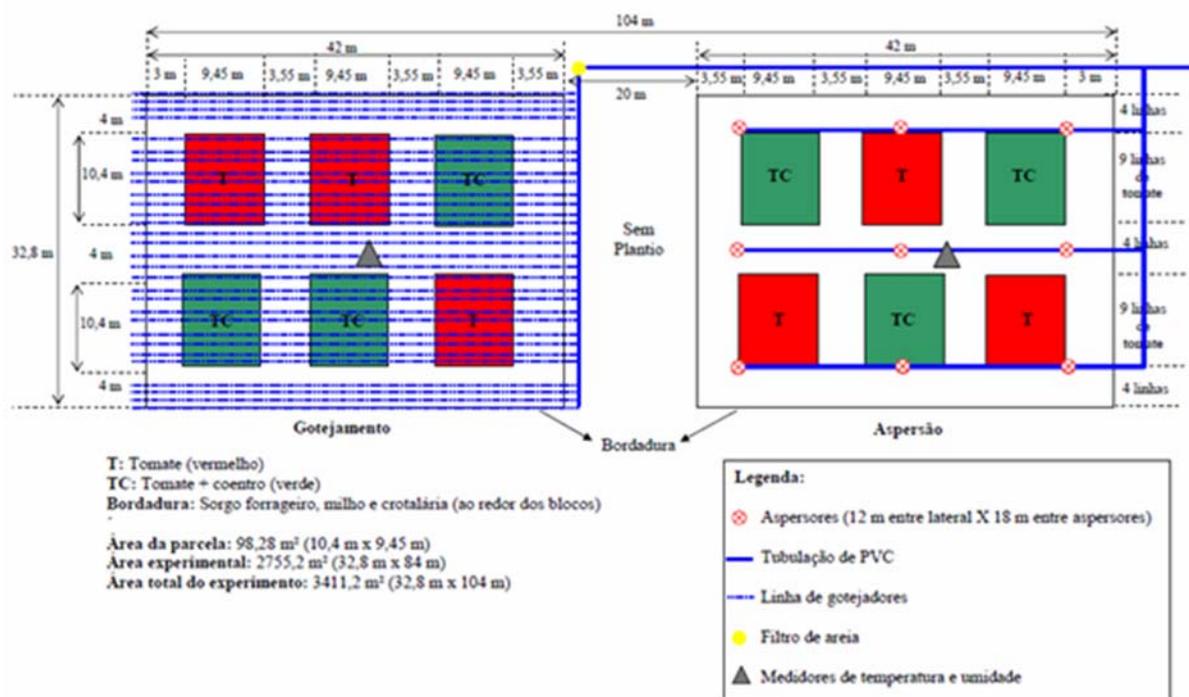


Figura 2.1: Croqui do experimento na Área de Pesquisa e Produção Orgânica de Hortaliças (APPOH) da Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008.

Tabela 2.1: Abundância de adultos (média \pm desvio padrão) de *B. tabaci* por armadilha em três momentos do ciclo do tomateiro nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferiram significativamente ($P > 0,05$) pelo teste de Dunn.

Tratamento	Até 5 ^a semana ¹	6 ^a -10 ^a semana ²	11 ^a -14 ^a semana ³
AT	16,23 \pm 3,46 a	12,81 \pm 2,23 a	20,59 \pm 12,67 a
ATC	12,32 \pm 3,19 b	9,39 \pm 1,56 b	17,53 \pm 9,87 a
GT	27,37 \pm 9,37 a	14,31 \pm 1,9 a	33,05 \pm 23,33 a
GTC	23,13 \pm 9,32 a	10,14 \pm 2,36 b	20,73 \pm 14,33 a

¹ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 7,983$, $P = 0,046$; ² $F_{3,1} = 7,843$, $P = 0,001$; ³ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 2,785$, $P = 0,426$

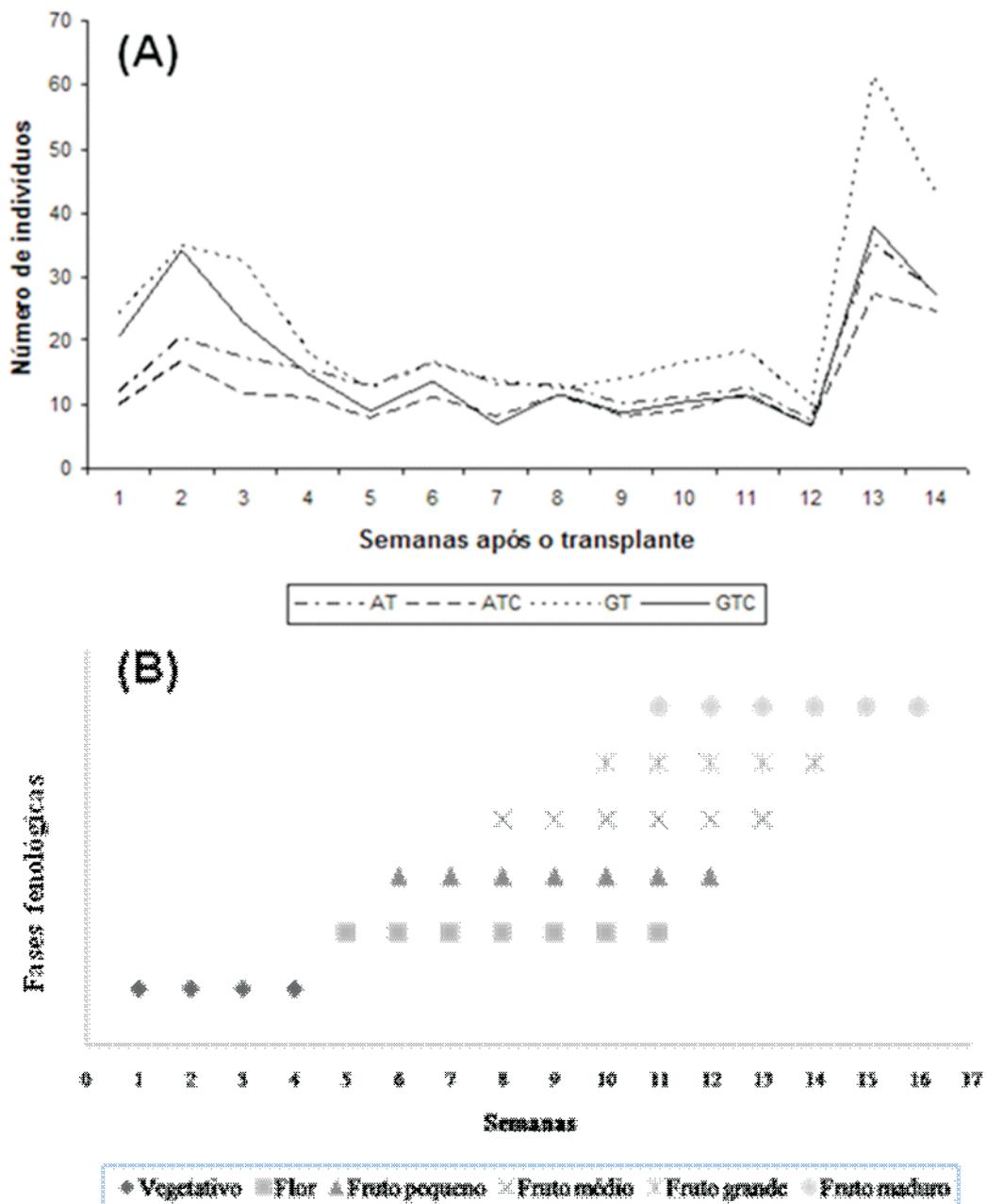


Figura 2.2: (A) Flutuação populacional de adultos de *B. tabaci* biótipo B durante o ciclo do tomateiro, capturados por armadilhas adesivas amarelas (N= 16 por parcela) nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC) e (B) fases fenológicas do tomateiro. Campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008.

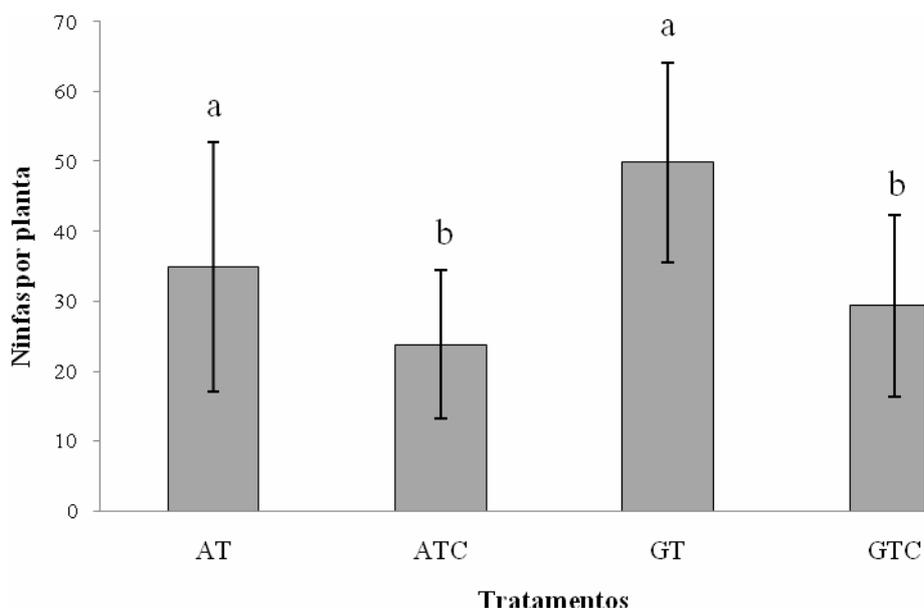


Figura 2.3: Abundância de ninfas de *Bemisia tabaci* biótipo B por folha de tomate (N= 64 plantas por parcela) nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. Médias seguidas das mesmas letras não diferiram significativamente pelo teste Dunn ($P>0,05$).

Tabela 2.2: Abundância e número de espécies por planta (média \pm desvio padrão) e diversidade de inimigos naturais (Shannon-Wiener) coletados em plantas de tomate e de coentro nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC) em sistema orgânico de produção do campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008. Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferiram significativamente ($P>0,05$) pelo teste Dunn.

Tratamento	Abundância ¹		Espécies por planta ²		Riqueza	Diversidade (H) ³
AT	14,5 \pm 8,8	a	3,54 \pm 1,29	a	11	1,521
ATC	31,96 \pm 16,13	b	6,75 \pm 2,47	b	17	1,977
GT	7,79 \pm 7,18	c	3,04 \pm 1,65	c	14	1,922
GTC	27,38 \pm 17,09	b	6,42 \pm 2,72	b	17	2,042

¹ Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 34,69$, $P < 0,001$; ² Kruskal-Wallis $H_{3,1} = 37,79$, $P < 0,001$;

³ AT x ATC $t = -6,9806$, $P < 0,0001$; GT x GTC $t = -3,1762$, $P = 0,001$

Tabela 2.3: Ocorrência de inimigos naturais nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigadoS por gotejamento (GTC) e importância relativa da abundância de cada espécie para o agroecossistema calculado a partir da porcentagem de similaridade entre os tratamentos (SIMPER). Campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama- DF, 2008.

Categoria taxonômica	Tratamento				Contribuição
	AT	ATC	GT	GTC	
COLEOPTERA					
Coccinellidae					
<i>Cycloneda sanguinea</i>	0	15	5	35	2,073
<i>Coleomegila maculata</i>	0	1	0	0	0,04325
<i>Eriopis connexa</i>	10	65	4	134	8,579
<i>Harmonia axyridis</i>	0	1	0	0	0,04325
<i>Hippodamia convergens</i>	3	44	2	222	12,26
<i>Hyperaspis festiva</i>	0	2	0	3	0,2294
<i>Nephaspis</i> sp.	1	1	2	13	0,5692
<i>Olla v-nigum</i>	0	0	1	0	0,04872
<i>Psyllobora</i> sp.	0	0	0	3	0,1429
<i>Scymnus</i> sp.	20	33	13	32	1,475
HEMIPTERA					
Lygaeidae					
<i>Geocoris</i> sp.	2	7	3	21	1,073
Anthocoridae					
<i>Orius</i> sp.	4	10	11	13	0,3934
Pentatomidae					
<i>Podisus</i> sp.	0	0	0	1	0,04764
Reduvidae					
<i>Zellus</i> sp.	0	0	0	2	0,09528
DIPTERA					
Dolichopodidae					
<i>Condylostylus</i> sp.	144	146	28	17	5,322
Syrphidae					
<i>Allograpta</i> sp.	44	233	34	72	9,995
HYMENOPTERA					
Vespidae (vespas predadoras)	11	36	7	7	1,262
Outros himenópteros					
Parasitóides	108	156	72	53	4,606
NEUROPTERA					
Chrysopidae					
<i>Chrysoperla</i> sp.	1	2	3	13	1,289
MANTODEA					
Mantidae sp.1	0	3	0	2	0,225
DERMAPTERA					
Forficulidae					
<i>Doru luteipes</i>	0	13	2	0	0,5673
TOTAL	348	768	187	643	-

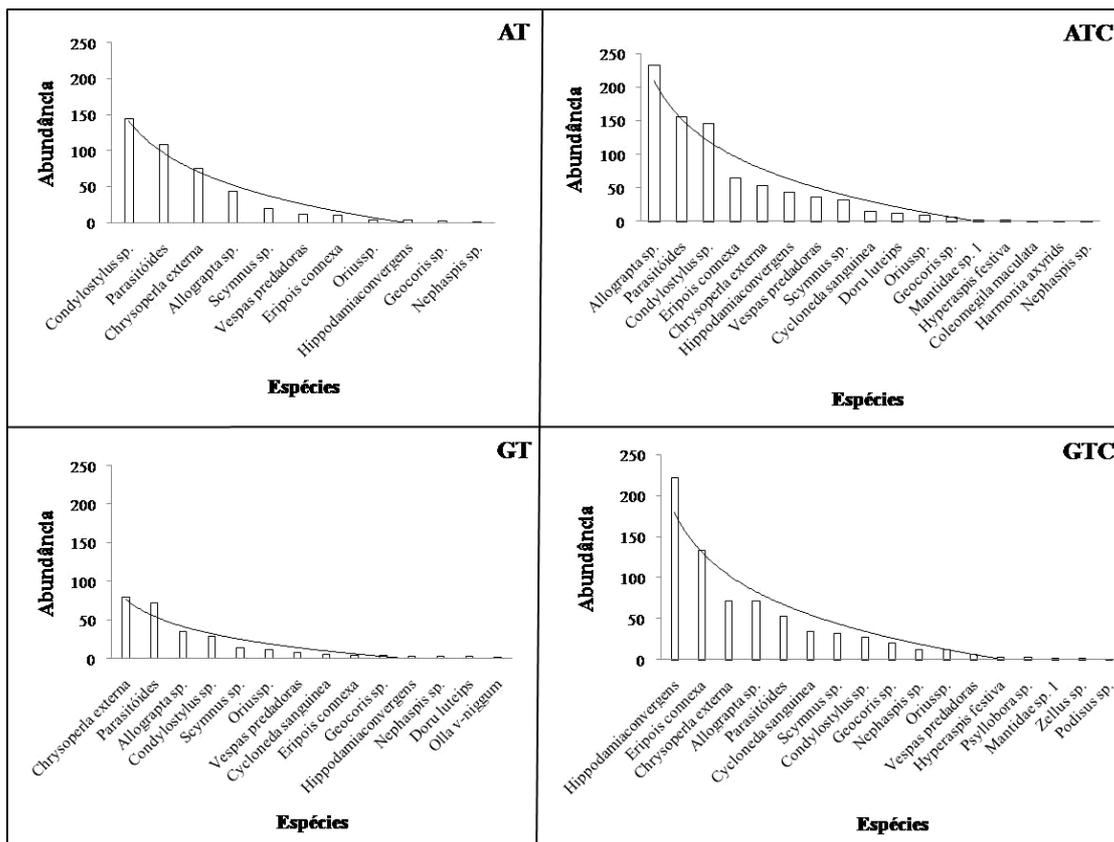


Figura 2.4: Estrutura e composição da comunidade de inimigos naturais coletados nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC) em sistema orgânico de produção no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008.

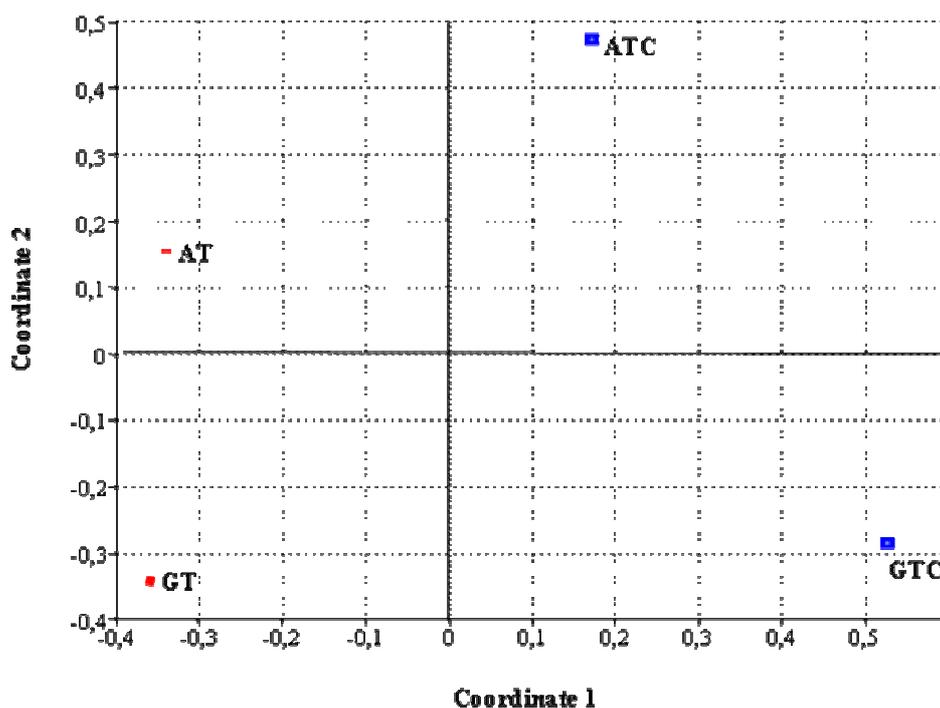


Figura 2.5: Ordenamento das comunidades de inimigos naturais que ocorreram em parcelas de tomate em monocultivo e consorciado com coentro e sob diferentes tipos de irrigação (gotejamento e aspersão) utilizando a técnica de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS). Tratamentos: monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008. Similaridade na estrutura da comunidade entre os tratamentos realizada pelo índice de *Bray-Curtis*. *Shepard plot stress= 0*.

Tabela 2.4: Quantidade de plantas amostradas, frutos comerciais e massa (Kg) dos frutos comerciais de tomate orgânico (média \pm desvio padrão) colhidos nos tratamentos monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT) e consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. Nos tratamentos irrigados por gotejamento foram realizadas seis colheitas e na aspersão sete colheitas. Produtividade calculada a partir de uma área de 50 m².

Tratamento	Frutos comerciais ¹	Massa dos frutos(kg) ²	Produtividade (t/ha)
AT	164,05 \pm 22,99	196,43 \pm 67,69	39,28
ATC	173,05 \pm 19,03	170,78 \pm 58,69	34,154
GT	199,61 \pm 38,83	198,53 \pm 75,04	39,52
GTC	180,22 \pm 28,2	202,79 \pm 76,28	40,4

¹ F_{3,1} = 0,0185, P = 0,996

² F_{3,1} = 0,0388, P = 0,989

CAPÍTULO III

Efeito da Irrigação e do Consórcio Tomate+Coentro na Dispersão de *Bemisia tabaci* Biótipo B e na incidência de *Begomovirus* em Tomateiro Orgânico

Resumo

Os principais danos causados ao tomateiro pela transmissão de geminivirose por *Bemisia tabaci* biótipo B ocorrem quando a cultura é colonizada nas primeiras semanas após o transplante das mudas para o campo. Por isso, em sistemas orgânicos, é necessária a adoção de práticas culturais que diminuam a colonização da praga nesse período. O objetivo deste capítulo é avaliar a distribuição espacial de *B. tabaci* e do *Begomovirus* em tomateiro orgânico plantado em monocultivo ou consorciado com coentro e irrigados por gotejamento ou por aspersão. Este trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Hortaliças no período de 08/08/08-04/09/08 (10-45 dias após o transplante das mudas), sendo contado semanalmente o número de adultos de mosca-branca por tomateiro. Após a primeira colheita, foram registrados os tomateiros com sintomas de geminivirose. Todos os dados coletados foram plotados em mapas representativos da área. Nas parcelas irrigadas por gotejamento a população apresentou um padrão agrupado no início e no final do período de amostragem. O consórcio com o coentro dos tomateiros irrigados por gotejamento reduziu a densidade de indivíduos por planta. A irrigação por aspersão afetou a movimentação dos adultos de mosca branca entre as plantas, o que resultou em uma tendência de distribuição uniforme da população. Em ambos os sistemas de irrigação a dispersão do *Begomovirus* acompanhou a dispersão do vetor na área com menor ocorrência de geminivirose na parcelas onde foi plantado tomate consorciado com coentro, principalmente no gotejamento. Portanto, o consórcio tomate+coentro e a irrigação por aspersão podem favorecer o controle de *B. tabaci* biótipo B e viroses associadas em tomateiro orgânico.

Palavras-chave: Semivariogramas, dispersão da população, mosca-branca, geminivírus, agroecologia

Introdução

Das 114 espécies de vírus transmitidos por moscas-brancas 111 são transmitidas mecanicamente por *B. tabaci* biótipo B e são representados principalmente pelo gênero *Begomovirus* da família Geminiviridae (Jones, 2003). Esses vírus possuem muitas plantas hospedeiras que variam na forma de expressão dos sintomas, servindo como hospedeiras alternativas e dificultando a eliminação do inóculo em campo (Santos *et al.*, 2004). Desde os primeiros surtos populacionais da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil em 1994 a incidência de geminiviroses em estados como São Paulo, Minas Gerais e Distrito Federal vem causando sérios prejuízos a diferentes cultivos como feijão, algodão e tomate (Faria *et al.*, 2000). No tomateiro os isolados de *Begomovirus* podem causar o nanismo acentuado da planta, engrujo e amarelecimento das folhas, dentre outros sintomas comprometendo a produção e qualidade dos frutos das plantas infectadas (Morales & Jones, 2004).

A intensidade dos danos causados pela virose depende principalmente do estágio fenológico em que ocorre a infecção. As maiores perdas de produtividade no cultivo de tomate são observadas quando essas são transmitidas por *B. tabaci* biótipo B no período de estabelecimento das mudas em campo (30-45 dias) (Giordano *et al.*, 2005). Todos esses fatores evidenciam a necessidade do controle desse herbívoro no início do ciclo da cultura a fim de diminuir as taxas de colonização das plantas durante esse período. Em sistemas convencionais de cultivo, esse problema pode ser amenizado pela aplicação de inseticidas como forma de resposta imediata ao problema (Mattos *et al.*, 2003). Entretanto, em sistemas orgânicos são estabelecidas estratégias que visam dificultar o acesso da planta hospedeira por *B. tabaci* a partir de medidas preventivas como a utilização de policultivos, manejo do sistemas de irrigação e aplicação de extratos de óleos essenciais repelentes ou com ação inseticida sobre os indivíduos (Hilje *et al.*, 2001).

Uma estratégia que tem se mostrado promissora para diminuir a incidência de viroses no tomateiro, principalmente em sistemas orgânicos de produção, é o consórcio com o coentro. Hilje & Satansly (2008) demonstraram que cultivos consorciados de tomate+coentro reduzem os níveis populacionais de adultos e reduzem o número de plantas com sintomas de vírus ao longo do ciclo da cultura. O coentro ao mesmo tempo em que pode interferir quimicamente nos padrões de reconhecimento do tomateiro

como planta hospedeira de *B. tabaci* (Capítulo 1) também aumenta o risco de predação pelo beneficiamento da comunidade de inimigos naturais (Capítulo 2). Por essa razão é possível que os padrões de colonização, distribuição e dispersão dos adultos colonizadores da cultura também sejam afetados pelo consórcio tomate+coentro. Adicionalmente o tipo de irrigação utilizado pode dificultar o movimento entre plantas dos indivíduos ao promover o desalojamento dos indivíduos pela ação mecânica da água, fazendo com que ocorra maior dispersão da população para outras áreas. Considerando que a dispersão das viroses acompanha a dispersão do vetor, o consórcio tomate+coentro associado ao sistema de irrigação por aspersão deve influenciar diretamente na distribuição e incidência de viroses.

Devido a importância econômica e social do cultivo de tomate no Brasil e da dificuldade de controle de *B. tabaci* como praga e vetor de *Begomovirus*, muito esforço tem sido feito para caracterizar os padrões espaciais da abundância deste inseto e de geminiviruses associadas em diferentes culturas. Em geral, os trabalhos sobre a distribuição espacial de mosca branca utilizam índices como a razão média/variância, distribuições de frequências e ajuste dos dados a um modelo de distribuição como binomial negativa e Poisson (*e.g.* Polston *et al.*, 1996; Pereira *et al.*, 2004). De acordo com Dale *et al.* (2002) esses índices não são capazes de diferenciar entre diferentes padrões espaciais porque são altamente dependentes do tamanho da amostra e não consideram a localização espacial das mesmas. Em contrapartida, análises geoestatísticas dos dados apresentam a vantagem de considerar não só o valor das variáveis, mas a posição de cada valor na área amostrada (Liebhold *et al.*, 1993), além de poderem ser utilizadas em diferentes escalas (Dungan *et al.*, 2002; Nansen *et al.*, 2003). Apesar de utilizadas originalmente para estudos geológicos o número de estudos aplicando conceitos de geoestatística para a descrição e entendimento de padrões ecológicos é crescente (Liebhold & Gurevitch, 2002).

O objetivo deste capítulo é descrever a distribuição espacial de *B. tabaci* biótipo B no tomateiro durante o início do ciclo da cultura, utilizando técnicas de geoestatística, e avaliar como o tipo de irrigação (gotejamento e aspersão) e o plantio em monocultivo ou em consórcio com o coentro afetam esses padrões, alterando também a epidemiologia das geminiviruses. Possivelmente, o coentro e a irrigação por aspersão reduzem as taxas de colonização por adultos da mosca-branca na cultura, alterando a distribuição espacial dos indivíduos. Essa alteração nos padrões de colonização,

distribuição e dispersão dos adultos pode ter efeitos diretos na dispersão das viroses, considerando ser o inseto o único vetor dos vírus.

Materiais e Métodos

Área de estudo

Este trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Hortaliças - CNPH (15° 56'S, 48°08'W, altitude 997,6 m) situado a aproximadamente 45 km do Plano Piloto, Brasília – DF. O campo experimental possui uma área total de 110 ha de latossolo vermelho escuro (EMBRAPA, 1999), sendo 18 ha destinados à Área de Pesquisa em Produção Orgânica de Hortaliças (APPOH). Essa área é manejada de acordo com os princípios da agricultura orgânica e técnicas agroecológicas desde 2001 e situa-se a aproximadamente 150 m da área de produção convencional e a 250 m de uma mata ciliar ao norte da área.

Desenho experimental

As parcelas experimentais foram formadas por plantas de tomate *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae) variedade Pollyana e coentro *Coriandrum sativum* (Apiaceae) variedade Verdão, em sistema de cultivo orgânico. O tomateiro foi plantado em monocultivo ou consorciado com coentro sendo irrigados por gotejamento e por aspersão, compondo dois conjuntos de parcelas experimentais de 1.377,6 m² cada e distantes 20 m entre si. O experimento foi formado pelos tratamentos: 1. monocultivo de tomate irrigado por aspersão (AT), 2. consórcio tomate+coentro irrigado por aspersão (ATC), 3. monocultivo de tomate irrigado por gotejamento (GT), 4. consórcio tomate+coentro irrigado por gotejamento (GTC). Cada tratamento teve três replicações inteiramente casualizadas dentro de cada conjunto de parcelas experimentais. Dentro desses conjuntos, cada parcela media 98,28 m², espaçadas lateralmente 3,55 m e com uma rua central de 4m para acesso do maquinário agrícola (Figura 3.1).

Os tomateiros foram transplantados para o campo na forma de mudas, com um par de folhas expandidas, em 26/07/08 sendo uma muda por cova. Foi utilizado o

sistema de fileiras duplas com espaçamento 0,55 m entre plantas, 0,8 m entre linhas simples e 1,6 m entre linhas duplas, totalizando nove linhas de plantio com 17 plantas por linha (153 plantas por parcela). Demais tratos culturais como desbaste e condução seguiram as recomendações técnicas de Makishima & Miranda (1992). Os tomateiros foram tutorados individualmente em sistema de varal, com uma planta por corda. A semeadura do coentro foi realizada no dia 28/07/08 entre os tomateiros nos dois sistemas de irrigação, não sendo aplicados tratos culturais específicos e essas iniciaram sua germinação a partir da terceira semana após o transplante dos tomateiros.

Coleta dos dados

O monitoramento do número de adultos de *B. tabaci* foi realizado semanalmente durante o período de 08/08/08 a 04/09/08 e a coleta de amostras das plantas com sintomas de geminivírus em 03/10/08. A distribuição espacial dos adultos de mosca-branca foi avaliada marcando-se 64 plantas de tomate por parcela, sendo a posição de cada planta conhecida. Durante a manhã, essas plantas eram amostradas virando-se lentamente a face abaxial das folhas contra a sombra do observador e era contabilizado o número de adultos de *B. tabaci* por planta. Em seguida, o número de adultos em cada planta e a posição de cada planta nas parcelas era anotado em um mapa representativo da área.

Após a primeira colheita foram coletadas amostras de folhas dos tomateiros que expressaram sintomas característicos de infecção por geminivírus (Villas-Bôas *et al.*, 1997). Para isso, foram coletados três folíolos apicais da terceira folha abaixo do ápice das plantas provavelmente infectadas. As amostras das plantas foram acondicionadas em isopor e enviadas para a Dra. Alice K. Inoue-Nagata no Laboratório de Virologia da Embrapa Hortaliças para confirmação da presença de *Begomovirus* (Geminiviridae) pela técnica de Hibridização. Essa técnica permite avaliar grande volume de amostras em curto prazo, de modo eficiente e sensível mesmo quando comparado a outras técnicas como PCR (Inoue-Nagata, *et al.*, 2004; Santana *et al.*, 2007). A posição de cada planta em que foi confirmada a presença do *Begomovirus* foi plotada em um mapa representativo da área.

Duas vezes por semana foi avaliada a velocidade e direção predominante do vento para verificar a possível relação com a abundância dos indivíduos nas parcelas. A velocidade predominante foi medida com um anemômetro (MINIPA MDA-10), em

três pontos distintos na área experimental no período da manhã, meio dia e de tarde, a fim de obter a variação diária e semanal desses valores. No centro da área experimental foi instalada uma estaca de madeira de 2,1 m de altura, onde foi amarrada uma fita plástica em um barbante que podia movimentar-se livremente de acordo com a direção do vento. A direção predominante do vento foi avaliada simultaneamente a velocidade do vento durante o mesmo período. Para isso, era posicionada uma bússola logo abaixo da fita plástica e a direção predominante do vento foi registrada como o ângulo entre o Norte da bússola e a posição da fita no momento da observação.

Análise dos dados

Para a análise de distribuição espacial de adultos de *Bemisia tabaci* nas parcelas experimentais irrigadas por gotejamento e por aspersão, foram utilizadas técnicas de geoestatística, onde é necessário determinar as coordenadas geográficas (X e Y) de cada ponto de amostragem e a densidade de *B. tabaci* em cada ponto. Para essa análise é necessário que a abundância de *B. tabaci* nos tomateiros seja dependente da abundância de indivíduos em plantas vizinhas (dependência espacial entre as amostras) (Liebhold *et al.*, 1993). A dependência espacial entre as amostras, obtida a partir da densidade de *B. tabaci* em cada planta amostrada (Z) foi calculado pela autocorrelação entre essas amostras, conforme descrito por Dale *et al.* (2002). Para isso, inicialmente é necessário o cálculo da semivariância dos dados pela equação:

$$y^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) + Z(x_i + h)]^2$$

Sendo:

$y^*(h)$ = Semivariância dos dados para um intervalo de classe de distâncias h

$N(h)$ = Número total de pares de amostras compreendidos em intervalos de distância h

$Z(x_i)$ = Abundância de *B. tabaci* na planta da posição i

$Z(x_i + h)$ = Abundância de *B. tabaci* na planta da posição $i + h$

A semivariância dos dados de abundância de *B. tabaci* para todos os pares possíveis de amostras, associado aos valores em cada intervalo de classe de distância h permitem a construção dos semivariogramas. Nessa representação gráfica são plotados os valores

das semivariâncias dos dados Vs. a distância de separação entre estes (h), definindo uma autocorrelação espacial entre as amostras.

Quando existe uma autocorrelação espacial entre as amostras espera-se que em amostras próximas umas das outras ocorram baixos valores de semivariância (alta autocorrelação dos dados). Isso tipicamente gera uma curva que pode ser descrita por três parâmetros básicos: Alcance (a), variância do efeito pepita (C_0) e platô ($C_0 + C$). A variância do efeito pepita (C_0) representa a variabilidade da abundância de *B. tabaci* em distâncias menores que o amostrado. Nos semivariogramas os dados são autocorrelacionados (baixa semivariância) até determinada distância h , onde a partir deste ponto amostras vizinhas (abundância de *B. tabaci* por tomateiro) não são mais autocorrelacionadas, atingindo o platô do gráfico ($C_0 + C$). A distância máxima em que as amostras são correlacionadas é chamada de alcance (a) e representa o raio de um círculo no qual a existência de um ponto com coordenada X_i, Y_i dependente da existência de seu vizinho mais próximo.

A razão entre $C_0/(C_0+C)$ é numericamente equivalente a aleatoriedade espacial dos dados e é o valor no qual a proporção da variância das amostras (C_0+C) é explicada pela variância de um ponto C . Valores acima de 0,8 indicam falta de dependência espacial entre as amostras, conforme definido por Liebhold *et al.* (1993) e pode ser utilizado para determinar o melhor ajuste dos dados a um modelo de distribuição em conjunto com os valores de R^2 da equação do semivariograma.

Após realizar os cálculos da equação do semivariograma os dados foram ajustados a um modelo de distribuição que podem ser do tipo esférico, exponencial, gaussiano ou linear. Para tais modelos, o alcance (a) é arbitrariamente definido como a distância correspondente a 95% do patamar. No modelo esférico os dados são correlacionados espacialmente até uma determinada distância h , atingindo o patamar, onde não há mais continuidade espacial das amostras. O modelo exponencial é semelhante ao esférico, mas o patamar é atingido apenas assintoticamente, enquanto que o modelo esférico o atinge no valor do alcance. O modelo gaussiano é semelhante a estes dois, porém assume que a dependência entre as amostras ocorre gradualmente no espaço principalmente próximo a origem C_0 . O modelo linear é do tipo sem patamar e assume que a continuidade espacial das amostras ocorre ao longo de todas as amostras em intervalos de classes definidos, caracterizando um padrão de distribuição que pode indicar distribuição aleatória da população tendendo a distribuir-se uniformemente na área.

Se houver dependência espacial das amostras é possível estimar o valor de qualquer ponto não amostrado pela interpolação dos dados no método de *Krigagem* pela equação:

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i)$$

Onde N é o número de pontos amostrados $Z(x_i)$ e λ_i é o peso atribuído a cada um desses valores, calculado a partir de um modelo pré-determinado pelo semivariograma. Por esse procedimento é possível obter valores para as áreas não amostradas e construir mapas detalhados da área com a densidade de *B. tabaci* por planta de tomate pela validação cruzada dos dados (Dale *et al.*, 2002).

Para cada data de amostragem foram calculados separadamente os semivariogramas dos conjuntos de parcelas irrigados por gotejamento e por aspersão. O mesmo procedimento foi adotado para os dados de ausência e presença de plantas com geminivose, conforme sugerido por Liebhold *et al.* (1993). Para relacionar a dispersão das viroses com a dispersão do vetor a posição das plantas com geminivirose foi sobreposta aos mapas de superfície gerados pela *Krigagem* dos dados. Todas as análises geoestatísticas foram realizadas com o programa GS+ (Gamma Design). Para calcular a abundância de *B. tabaci* nos dois sistemas de irrigação foi feita uma média das médias semanais de abundância de *B. tabaci* em cada tratamento.

Resultados

Abundância de Bemisia tabaci nos tratamentos irrigados por gotejamento e por aspersão

O número médio de adultos de *B. tabaci* biótipo B por planta de tomate aumentou durante as duas primeiras semanas de amostragem nas parcelas irrigadas por gotejamento e por aspersão (Tabela 3.1). Na terceira semana houve uma pequena redução desses valores, que foi ainda mais evidente na quarta semana. No dia 04/09/08 (quinta semana) houve um rápido aumento na densidade populacional de *B. tabaci* nos

dois conjuntos de parcelas, apresentando valores superiores ao observado na primeira semana de amostragem (Tabela 3.1). Durante a realização do experimento a densidade populacional de adultos de *B. tabaci* foi em média $56 \pm 21,54\%$ (média \pm erro padrão) maior nos tratamentos irrigados por gotejamento.

Determinação dos parâmetros dos semivariogramas nas parcelas irrigadas por gotejamento e por aspersão para análise da densidade de Bemisia tabaci nas plantas de tomate

Os valores de C_0/C_0+C (variância dos dados) para análise dos semivariogramas variaram de 0,37-0,75, indicando uma variação máxima dos dados de 75% e coeficientes de determinação (R^2) que variaram de 0,517-0,925 (Tabela 3.1). No presente trabalho foi estabelecido que valores de C_0/C_0+C superiores a 0,8 indicam distribuição aleatória dos dados (independência espacial das amostras) e valores de R^2 inferiores a 0,4 indicam que o modelo teórico de distribuição dos dados não possui significado biológico, da mesma forma que estabelecido por Farias *et al.* (2008). Por isso, o ajuste dos dados aos modelos de semivariogramas isotrópicos foi feito considerando os menores valores de C_0/C_0+C e maiores valores de R^2 (coeficiente de determinação). Considerando esses valores, apesar de $R^2= 0,782$ na aspersão no dia 28/08/08, o valor de C_0/C_0+C foi superior a 0,8 indicando distribuição aleatória da população (efeito pepita puro) (Tabela 3.1).

No gotejamento foi caracterizada dependência espacial da abundância de *B. tabaci* nas plantas de tomate nos dias 08/08/08, 14/08/08 e 04/09/08 (Tabela 3.1). Isso demonstra que a ocorrência de *B. tabaci* nas plantas de tomate depende da abundância de indivíduos em plantas próximas uma da outra e que o padrão de distribuição da população na área não é aleatório (Tabela 3.1). Por isso, nessas datas foi possível o ajuste dos dados a modelos do tipo gaussiano, esférico e exponencial, respectivamente. Por outro lado, os dados coletados em 21/08/08 e 28/08/08 revelaram ausência de dependência espacial e não foi possível ajustar um modelo teórico de distribuição, sugerindo que a abundância dos adultos não apresentava um padrão.

Nas parcelas irrigadas por aspersão foi verificada dependência espacial das amostras apenas na primeira (08/08/08) e na última semana (04/09/08) de amostragem. Nessas datas os valores de C_0/C_0+C variaram de 0,372 na última semana a 0,635 na primeira semana e valores de R^2 superiores a 0,4 (Tabela 3.1). Apenas no dia 28/08/08

os valores de C_0/C_0+C foram superiores a 0,8, indicando um efeito pepita puro (independência espacial das amostras) apesar do ajuste a um modelo esférico com $R^2=0,782$. No dia 08/08/08 os dados foram ajustados a um modelo de distribuição do tipo esférico (agregação da população) e no dia 04/09/08 a um modelo linear (distribuição aleatória com tendência a uniformidade) (Tabela 3.1).

Padrão de distribuição das populações de Bemisia tabaci nas parcelas irrigadas por gotejamento e por aspersão

A análise dos semivariogramas demonstrou um padrão agregado da população nas parcelas irrigadas por gotejamento nos dias 08/08/08, 14/08/08 e 04/09/08 (Figura 3.2A). Nas demais datas de amostragem não houve dependência espacial das amostras, indicando que a população permaneceu aleatoriamente distribuída na área. No dia 08/08/08 o modelo gaussiano apresentou raio de agregação (a) de 1,33 m. Na semana seguinte (14/08/08) também foi observado um padrão agrupado da população no gotejamento pelo modelo do tipo esférico, porém o raio de agregação foi maior ($a = 2,27$ m). Isso indica que os indivíduos se dispersaram na área a partir dos pontos iniciais de colonização na primeira semana, ocorrendo em mais plantas na área. Em 04/09/08 a população de *B. tabaci* apresentou distribuição agrupada, semelhante ao observado na segunda semana de amostragem ($a = 1,8$). Contudo, nesse período houve maior dispersão entre plantas dos indivíduos sendo o modelo exponencial o melhor descritor dos dados, onde o patamar (C_0+C) é atingido mais rapidamente (Figura 3.2A).

Semelhante ao observado no gotejamento, o semivariograma da primeira semana de amostragem na aspersão demonstrou que a população estava agregada em um raio de $a = 1,44$ m (Figura 3.3B). Entre a segunda semana de amostragem (14/08/08) e a quarta (28/08/08) não houve dependência espacial das amostras, demonstrando que a população de *B. tabaci* estava aleatoriamente distribuída na área. Contudo na última semana o ajuste dos dados a um modelo linear sugere que *B. tabaci* permaneceu aleatoriamente distribuída com tendência a uniformidade (Figura 3.3B). Esses resultados contrastam com o observado no gotejamento, indicando que a irrigação por aspersão pode alterar o estabelecimento e a distribuição espacial de *B. tabaci* entre plantas de tomate.

Colonização e dispersão de Bemisia tabaci em tomateiro plantado em monocultivo e consorciado com coentro irrigados por gotejamento e por aspersão

A partir dos dados dos semivariogramas foi possível realizar a interpolação dos dados pelo método de *krigagem* para a confecção de mapas de contorno representativos da distribuição da densidade de indivíduos por planta (Figura 3.3). No dia 08/08/08 os adultos formaram pequenos agrupamentos nas parcelas de monocultivo de tomate, compondo a população inicial na área no gotejamento e na aspersão. Na semana seguinte (14/08/08) houve um aumento da densidade populacional no gotejamento, principalmente nas parcelas de monocultivo de tomate. A dispersão de *B. tabaci* na segunda semana nesse sistema de irrigação parece estar condicionada aos focos iniciais de abundância observados na primeira semana, sendo encontrados menos indivíduos nas parcelas consorciadas com coentro no gotejamento (Figura 3.3A). Da terceira a quarta semana de amostragem não houve dependência espacial das amostras nos dois sistemas de irrigação não justificando a interpolação dos dados pelo método de *krigagem*. Na última semana de amostragem (04/09/08) ocorreu um rápido aumento na abundância de indivíduos por planta nos tratamentos, porém sempre com menos indivíduos nas parcelas de tomate+coentro no gotejamento. Então, esse consórcio fez com que a população apresentasse um padrão de agregação nas parcelas com tomate plantado em monocultivo e irrigados por gotejamento. Por isso, analisando os mapas de contorno é possível supor que a distribuição e abundância de *B. tabaci* seja condicionada a colonização e distribuição dos indivíduos dentre as plantas no início do ciclo da cultura (Figura 3.3A).

Na aspersão a *krigagem* dos dados foi realizada apenas nos dias 08/08/08 e 04/09/08 para a construção dos mapas de contorno. Nesse sistema de irrigação a distribuição da população na primeira semana seguiu o mesmo padrão agregado nas parcelas de monocultivo de tomate observado no gotejamento, porém com menos indivíduos por planta (Figura 3.3B). Em geral, foi observada uma densidade baixa de indivíduos por planta nas parcelas com consórcio tomate+coentro. Entretanto, diferente do observado no gotejamento, entre a segunda e quarta semana de amostragem a população estava aleatoriamente distribuída na área, seguindo a redução da abundância de indivíduos observados na Tabela 3.1. No dia 04/09/08 ocorreu um aumento do número de adultos de *B. tabaci* por planta. Nesse período a população apresentou tendência a distribuição uniforme, não sendo o consórcio tomate+coentro tão eficiente

na redução da população de *B. tabaci* como no gotejamento. A irrigação por aspersão parece ser um fator mais importante de interferência na movimentação entre plantas dos indivíduos do que o consórcio tomate+coentro. Isso porque no dia 04/09/08 são observados agrupamentos de indivíduos aleatoriamente distribuídos na área e mais restritos às bordas das parcelas (Figura 3.3B).

Distribuição de tomateiros com Geminivirus nas parcelas irrigadas por gotejamento e por aspersão

Da mesma forma que na última semana de amostragem de adultos (04/09/08) os dados de presença ou ausência de *Begomovirus* nas plantas de tomate se ajustaram a um modelo de distribuição do tipo esférico no gotejamento e linear na aspersão. O modelo esférico apresentou valores de C_0/C_0+C inferiores a 0,8 e coeficientes de determinação (R^2) superiores a 40%, descartando um efeito pepita no gotejamento e indicando distribuição aleatória na aspersão (Tabela 3.2). Na aspersão foi confirmada a presença de *Begomovirus* pela técnica de hibridização em 54 plantas de tomate e no gotejamento em 42 plantas.

O semivariograma das viroses no gotejamento ajustado a um modelo esférico apresentou um comportamento agrupado com raio de agregação (a) de 1,32 m. Esse valor é semelhante ao observado para o raio de agregação de adultos no dia 04/09/08. Nessa mesma data na aspersão, o semivariograma da população de mosca-branca demonstrou uma distribuição aleatória dos dados da mesma forma que observado para as viroses (Figura 3.4). Por isso, foi realizada uma sobreposição dos mapas com as posições das plantas de tomate em que foi confirmada a presença de *Begomovirus* com os mapas de contorno da distribuição de adultos no dia 04/09/08 no gotejamento e na aspersão (Figura 3.5). No gotejamento as plantas de tomate com viroses ocorreram principalmente próximas às áreas com maior densidade de adultos de *B. tabaci* por planta. Essas plantas estavam agrupadas nas parcelas de monocultivo de tomate, havendo baixa ocorrência de plantas com vírus nas parcelas de tomate plantado em consórcio com coentro. Nas parcelas irrigadas por aspersão as viroses eram distribuídas aleatoriamente na área não necessariamente associadas às áreas de maior abundância de adultos por planta (Figura 3.5). Aparentemente a dispersão das viroses no tomateiro está condicionada a dispersão do vetor no início do ciclo da cultura, onde a dispersão e a

distribuição dos indivíduos são alterados pelo consórcio tomate+coentro e pelo tipo de irrigação (Figura 3.3 e 3.5).

Discussão

As densidades populacionais mais altas nas primeiras datas de amostragem (aproximadamente 30 dias pós-germinação) foi o resultado da rápida colonização da área por insetos provenientes de outras áreas, padrão geralmente observado nessa espécie (Byrne & Blackmer, 1996). A longevidade dos adultos de mosca-branca de $22,4 \pm 0,4$ dias (Média \pm erro padrão) em tomate (Villas-Bôas *et al.*, 2002), seria um dos fatores que explicaria o declínio posterior da população migrante nas duas semanas seguintes. Toscano *et al.* (2002) demonstraram que *B. tabaci* coloniza preferencialmente tomateiros de 30 dias após a germinação, resultando em maiores taxas de oviposição e de tempo se alimentando por planta. Nas duas semanas seguintes (21/08/08 e 28/08/08) ocorreu uma redução na densidade populacional de adultos, que é explicado pela morte da maioria da população inicial (Byrne & Bellows Jr., 1991) acompanhada do declínio na atratividade do tomateiro (Toscano *et al.*, 2002). Nesse período as ninfas estavam em desenvolvimento, desde as primeiras posturas da população de *B. tabaci* que colonizou a área. Na última semana (04/09/08) houve a emergência dos adultos após o desenvolvimento dos imaturos nas semanas anteriores, que dispersaram pela área iniciando uma nova geração de *B. tabaci* no interior do cultivo (fase de estabelecimento). Apesar da flutuação populacional de *B. tabaci* ser semelhante nos dois sistemas de irrigação, foram encontrados mais indivíduos por planta nas parcelas irrigadas por gotejamento. Isso sugere que a irrigação por aspersão reduz a colonização e estabelecimento dos indivíduos no tomateiro pela ação mecânica da água conforme demonstrado no Capítulo 2.

No dia 08/08/08 a análise dos semivariogramas a partir do modelo gaussiano no gotejamento e do esférico na aspersão, revelou que a população inicial de *B. tabaci* apresentou uma distribuição agrupada. Esses modelos no gotejamento e na aspersão apresentaram raios de agregação semelhantes demonstrando que a colonização inicial das áreas foi independente da posição que as parcelas amostrais ocupavam na área. Padrões agregados das populações iniciais de insetos pela análise de semivariogramas

são observadas em diferentes culturas como para lagartas de *Spodoptera frugiperda* no milho (Farias *et al.*, 2008), a cigarrinha *Mahanarva frimbiolata* na cana-de-açúcar (Dinardo-Miranda, 2007) e vaquinhas *Diabrotica* spp. no milho (Ellsbury *et al.*, 1998).

Na segunda semana de amostragem a população de *B. tabaci* permaneceu agrupada no gotejamento, porém a densidade da população aumentou. Nessa semana a população inicial se dispersou para o interior do cultivo a partir dos focos iniciais da primeira semana, mantendo uma distribuição agregada. Por isso, somada a chegada de mais adultos de outras áreas, foram encontrados mais indivíduos por planta ocupando uma área maior nas parcelas. Na aspersão não foi verificada dependência espacial das amostras nessa data. Nessas parcelas a ação mecânica da água influenciou a dispersão entre plantas de *B. tabaci*. Esses resultados seguem o mesmo padrão observado por Castle (2001) que demonstrou em algodão que o tipo de irrigação (gotejamento ou aspersão) e a frequência podem afetar diretamente as populações de *B. tabaci* pelo desalojamento do inseto.

Nas duas semanas subseqüentes (21/08/08 e 28/08/08) a distribuição dos indivíduos foi aleatória na área, indicando independência espacial das amostras nas parcelas irrigadas por gotejamento e por aspersão. Durante o estágio de ninfas ocorrem as maiores taxas de parasitismo por *Encarsia* spp. (Albergaria *et al.*, 2003) e taxas de mortalidade por outros fatores como predação e desalojamento das plantas pela ação mecânica da água, reduzindo o tamanho da população (Naranjo & Ellsworth, 2005). Além disso, depois de 45 dias o tomateiro já não é mais um estímulo positivo suficiente para atrair mais indivíduos para área (Toscano *et al.*, 2002). Quando o hospedeiro diminui o seu valor nutricional devido a idade *B. tabaci* tende a iniciar a dispersão a longas distâncias de modo similar ao observado para pulgões alados (Isaacs & Byrne, 1998; Byrne, 1999).

Na última semana de amostragem (04/09/08), que foi definido como período de emergência dos adultos de mosca-branca no interior do cultivo, a população de *B. tabaci* no gotejamento apresentou um padrão de distribuição agrupado semelhante ao observado nas primeiras semanas. O modelo exponencial foi o que melhor descreveu a variação dos dados, indicando maior agregação da população em plantas vizinhas. A distribuição de *B. tabaci* na aspersão foi descrita por um modelo linear que indica distribuição aleatória da população na área, porém com tendência a uma distribuição do tipo uniforme. Isso porque esse modelo parte da premissa que existe uma dependência espacial entre as amostras de forma uniforme ao longo de toda a área amostrada.

Independente do sistema de irrigação, o plantio consorciado do tomateiro com o coentro reduziu a densidade de adultos por planta, afetando a distribuição da população na área. De acordo com Finch & Collier (2000), para insetos herbívoros aceitarem um hospedeiro os indivíduos devem encontrar e reencontrar várias vezes o mesmo estímulo sensorial positivo na área, até que o somatório destes reencontros caracterize o hospedeiro como apropriado. Nesse sentido, a irrigação por aspersão dificultou a movimentação dos indivíduos entre plantas, ao passo que o consórcio com coentro reduz a preferência pelo tomateiro.

Em todas as datas de amostragem, as maiores densidades populacionais de mosca-branca observadas no gotejamento está restrito às parcelas de tomate plantado em monocultivo. É importante ressaltar que a infestação inicial da cultura ocorreu principalmente nessas parcelas de tomate monocultivo que foram os focos iniciais de dispersão da população nas semanas seguintes de amostragem. Em plantios consorciados de melão e melancia com coentro *B. tabaci* tende a ovipositar menos do que quando exposta a apenas um de seus hospedeiros, com possíveis conseqüências na abundância da geração seguinte (Costa & Bleicher, 2006). O mesmo pode ter ocorrido para o consórcio tomate+coentro, além de que o plantio do coentro junto ao tomateiro pode dificultar o encontro do hospedeiro por interações mediadas por semioquímicos (Capítulo 1) e pelo aumento da complexidade estrutural do ambiente (Root, 1973). Todos esses fatores resultaram em alterações na distribuição espacial dos indivíduos no gotejamento em função principalmente do consórcio tomate+coentro. Brewster *et al.* (1997) demonstraram que em policultivos de tomate, abobrinha, berinjela e pepino orgânico que o padrão de distribuição espacial e temporal de *B. tabaci* biótipo B variou de acordo com o hospedeiro. Considerando estes fatores, *B. tabaci* tem preferência por áreas em que está exposta a apenas um estímulo sensorial (monoculturas) em detrimento de áreas em que estará exposta a múltiplos estímulos sensoriais (policulturas) (Bird & Kruger, 2006).

Em contrapartida, na aspersão a população estava distribuída inicialmente de modo semelhante ao gotejamento (efeito da população inicial) passando a distribuição aleatória com tendência à regularidade na última semana. Nesse caso, a ação mecânica da água foi um fator com maior impacto sobre a população de *B. tabaci* do que o consórcio tomate+coentro. Apesar de não comparar os tipos de irrigação, Polston *et al.* (1996) demonstraram que a distribuição espacial deste herbívoro variou de regular a agregada, de acordo com o desenvolvimento do tomateiro, similar ao verificado no

presente trabalho. Por outro lado, Pereira *et al.* (2004) determinaram que em feijoeiro *B. tabaci* apresenta distribuição regular a aleatória, confirmando que esses padrões podem variar entre hospedeiros e época de plantio (Brewster *et al.*, 1997).

No gotejamento e na aspersão foi verificada uma baixa incidência de viroses no tomateiro. No gotejamento os modelos de distribuição dos dados das viroses foram semelhantes ao observado para os adultos na quinta semana. Esses resultados são semelhantes ao observado na primeira e na quinta semana de amostragem de adultos, demonstrando que a dispersão das viroses está condicionada a dispersão do vetor. Resultados semelhantes foram obtidos por Della Vecchia *et al.* (2007) que observaram um padrão agregado de tomateiros com *Tomato Yellow Vein Streak Virus* (ToYVSV). Nesse trabalho a incidência de plantas com sintomas desse vírus ocorreu principalmente até 20-30 dias após o transplante das mudas. Na Florida, Polston *et al.* (1996) concluíram que as populações iniciais no tomateiro são as principais responsáveis pela disseminação de *Tomato Mottle Virus* (TMoV). Além disso, a incidência de viroses no tomateiro é correlacionada principalmente com a abundância de indivíduos por planta nos primeiros 30 dias após o transplante das mudas, o que influencia diretamente no número de plantas infectadas no final do ciclo da cultura (Jeger *et al.*, 2004).

Mesmo assim, a distribuição das plantas com geminivírus foi semelhante a abundância de adultos de *B. tabaci* na quinta semana de amostragem ao invés de na primeira no gotejamento e na aspersão (Figura 3.4). As ninfas dessa espécie também podem adquirir vírions de plantas previamente infectadas, mas não são importantes em sua disseminação como os adultos de *B. tabaci* (Inbar & Gerling, 2008). Por isso, nas primeiras semanas a população inicial provavelmente fez a transmissão mecânica do *Begomovírus* para o tomateiro, ovipositando na mesma planta ou em plantas bem próximas. Durante o desenvolvimento das ninfas o vírus pode ser adquirido pela ingestão da seiva, permanecendo em uma fase latente no campo. Após emergirem os adultos tornam-se potenciais transmissores, ocorrendo dispersões secundárias do vírus pela área. Quando ocorrem essas dispersões secundárias os adultos de mosca-branca tendem a transmitir as viroses para as plantas mais próximas às que serviram como fonte de inóculo (Polston *et al.*, 1996).

Conforme observado para abundância de adultos, no gotejamento a incidência de viroses nos tomateiros apresentou um padrão agrupado no monocultivo de tomate, com poucas ocorrências nas parcelas com tomate+coentro. Semelhante ao observado na Costa Rica por Hilje & Stansly (2008) o consórcio tomate+coentro reduziu a incidência

de geminivirose no tomateiro irrigado por gotejamento. Essa estratégia pode prevenir o contato do vetor (*B. tabaci*) com a planta hospedeira (tomateiro) durante o período crítico de infecção (30-45 dias).

Todavia, na aspersão as plantas com *Begomovirus* estavam aleatoriamente e regularmente distribuídas na área entre as parcelas experimentais (Figura 3.5). Nesse conjunto de parcelas o consórcio tomate+coentro não foi tão relevante para contenção da dispersão das viroses, pois o atrito da água com os insetos aumentou a dispersão de adultos entre plantas em busca de refúgios durante a irrigação (Flint *et al.*, 1995). Além disso, os cultivos orgânicos irrigados por aspersão tendem a dificultar o controle da vegetação espontânea que pode servir como fonte permanente de inóculo das viroses e alterar a distribuição espacial das mesmas (Ramappa *et al.*, 1998, Santos *et al.*, 2004).

As diferentes formas de expressão de sintomas e o grande número de hospedeiros de *Begomovirus* dificultam ainda mais a identificação e eliminação dessas plantas em campo (Santos *et al.*, 2004). Se manejadas corretamente essas plantas podem ser atrativas para inimigos naturais e causar um efeito de diluição da infestação de ninfas e adultos de *B. tabaci* e reduzir a incidência de viroses no interior da cultura (Rammappa *et al.*, 1998; Bezerra *et al.*, 2004).

A conclusão deste capítulo é que a análise geoestatística da abundância de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomateiro orgânico demonstrou que a irrigação por aspersão altera a distribuição espacial dos indivíduos e conseqüentemente a dispersão do *Begomovirus*. No gotejamento a população de adultos permaneceu agrupada nas parcelas de tomate plantado em monocultura resultando em mais plantas infectadas por geminivírus. Nesse sentido, o coentro ao alterar esses padrões, reduziu também a incidência de *Begomovirus* no tomateiro devido a menor densidade de *B. tabaci* nos tomateiros. Na aspersão a ação mecânica da água foi um fator mais relevante para o manejo da população de *B. tabaci* e viroses associadas que o consórcio tomate+coentro.

Portanto, novos métodos que combinem a irrigação por aspersão, consórcio tomate+coentro e controle da vegetação espontânea para reduzir a incidência de geminivirose no tomateiro devem ser considerados em estudos futuros. Ainda há carência de informações sobre os efeitos da diversidade vegetal na distribuição espacial e temporal de moscas-brancas e viroses nos agroecossistemas. Este trabalho demonstra a importância da adoção de medidas preventivas como o consórcio tomate+coentro e o tipo de irrigação na redução das viroses transmitidas ao tomateiro por *B. tabaci* biótipo B.

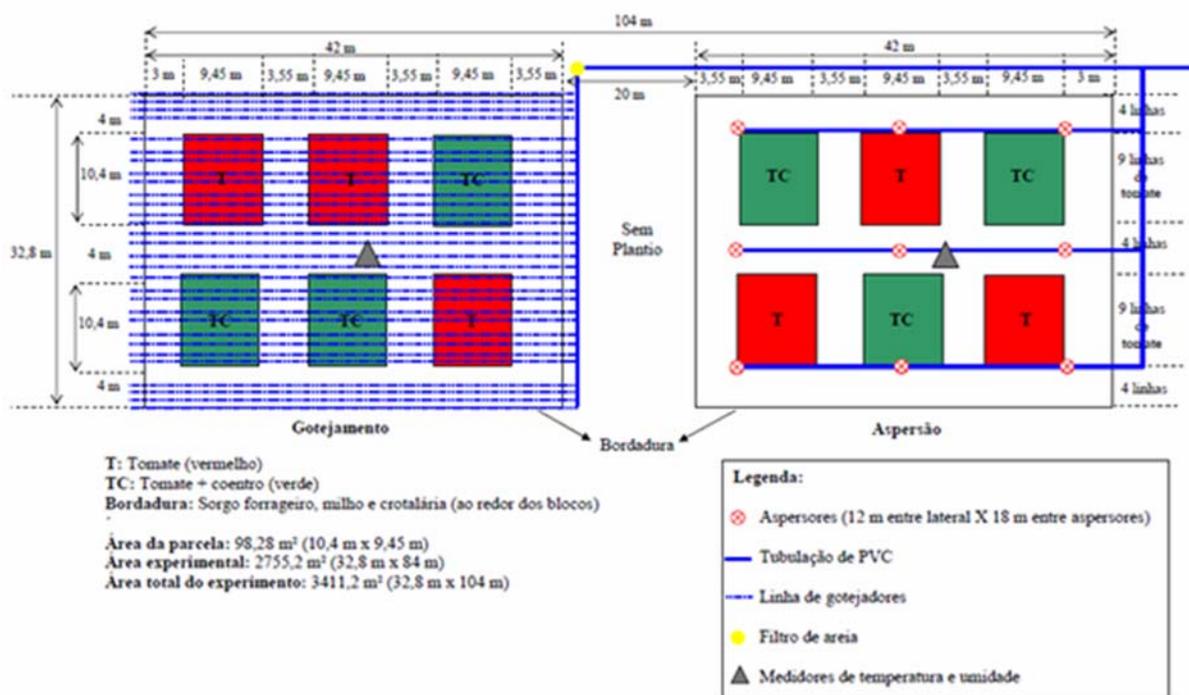


Figura 3.1: Croqui do experimento na Área de Pesquisa e Produção Orgânica de Hortaliças (APPOH) da Embrapa Hortaliças, Gama – DF, 2008.

Tabela 3.1: Número de adultos (média \pm EP) de *Bemisia tabaci* biótipo B por planta de tomate e parâmetros dos semivariogramas durante o período de amostragem no campo Experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. R^2 = coeficiente de determinação do modelo, C_0 = variação do efeito pepita, $C_0 + C$ = platô, a = alcance, C_0/C_0+C = variância dos dados.

Amostragem	Adultos	Modelo	R^2	C_0	$C_0 + C$	a	C_0/C_0+C
08/08/2008							
Gotejamento	0,92 \pm 0,16	Gaussiano	0,633	0,459	1,851	1,3	0,752
Aspersão	0,57 \pm 0,13	Esférico	0,785	0,34	0,931	1,44	0,635
14/08/2008							
Gotejamento	1,64 \pm 0,19	Esférico	0,517	0,691	2,065	2,27	0,665
Aspersão	0,87 \pm 0,16	Aleatório	-	1,31	-	-	-
21/08/2008							
Gotejamento	1,51 \pm 0,18	Aleatório	-	1,91	-	-	-
Aspersão	0,73 \pm 0,16	Aleatório	-	1,52	-	-	-
28/08/2008							
Gotejamento	0,39 \pm 0,12	Aleatório	-	0,865	-	-	-
Aspersão*	0,27 \pm 0,21	Esférico	0,782	0,01	3,73	1,95	0,997
04/09/2008							
Gotejamento	2,15 \pm 0,25	Exponencial	0,925	1,7	6,92	1,8	0,754
Aspersão	1,71 \pm 0,34	Linear	0,598	2,36	3,77	4,4	0,372

* $C_0/C_0+C > 0,8$ caracterizando padrão aleatório de distribuição (efeito pepita)

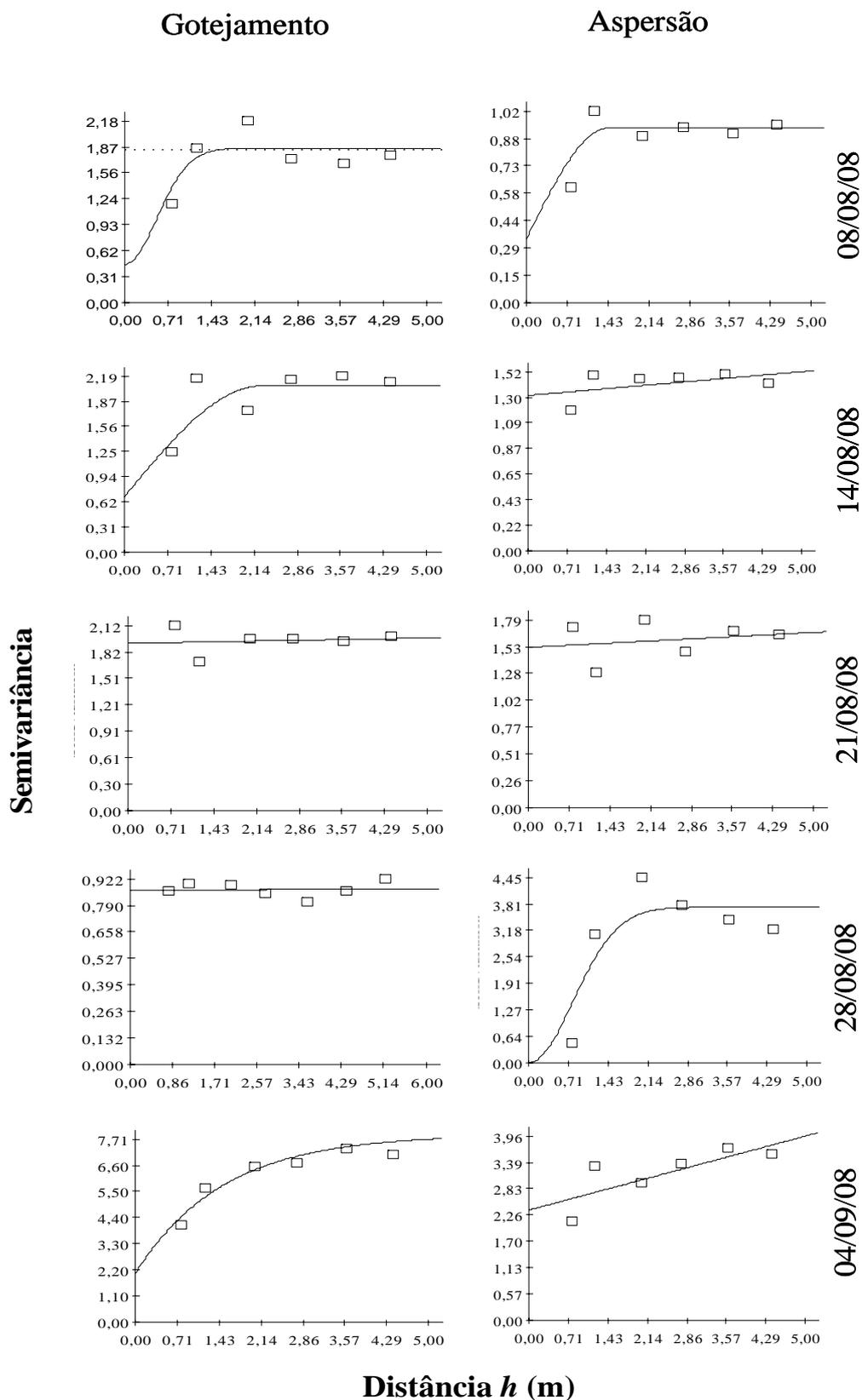


Figura 3.2: Semivariogramas da distribuição espacial de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B em cultivo de tomate orgânico irrigado por gotejamento e por aspersão durante o período de amostragem no campo experimental da Embrapa Hortaliças, 2008.

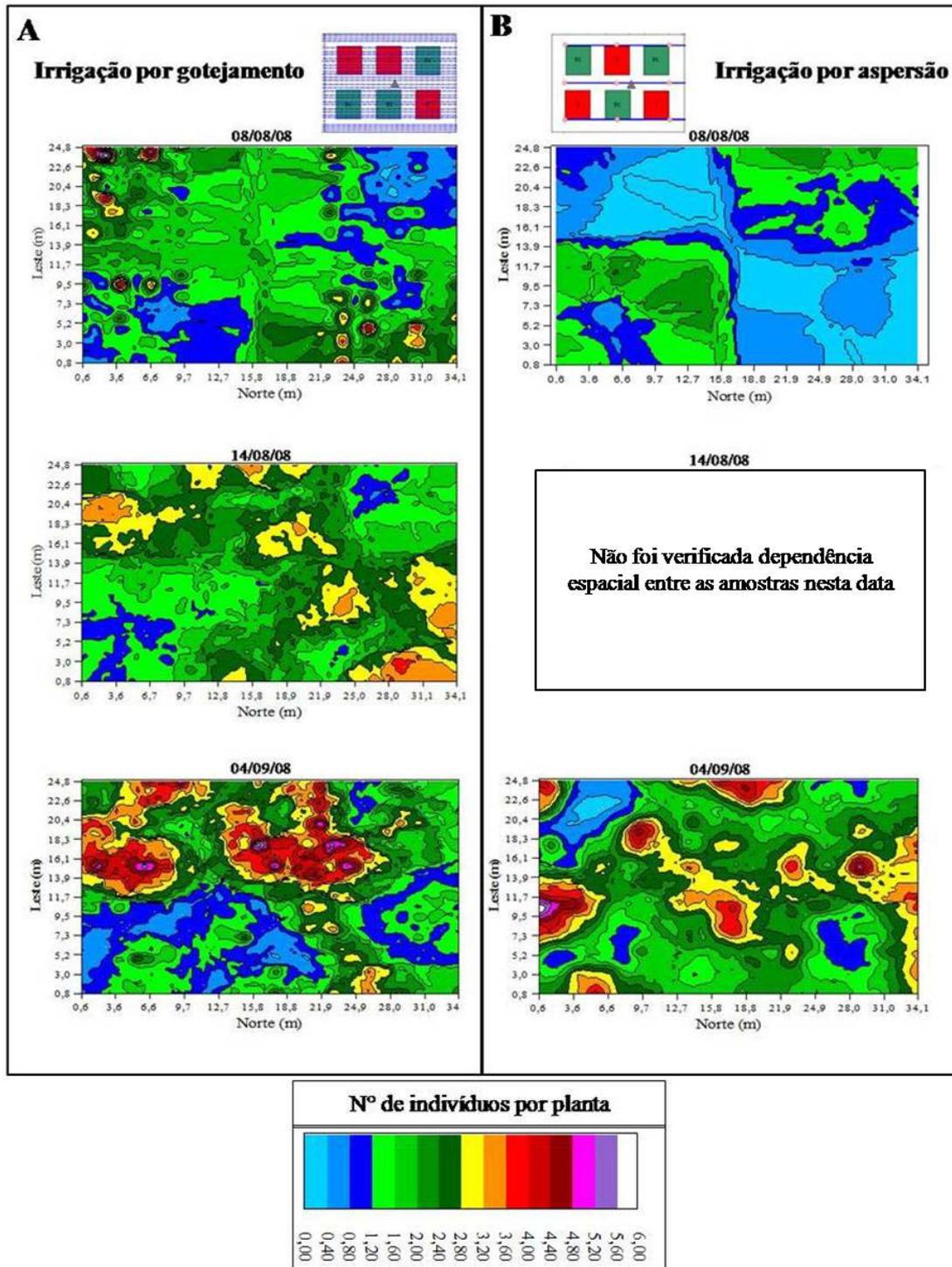


Figura 3.3: Mapas de distribuição espacial da abundância de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomateiro orgânico plantado em monocultivo e consorciado com coentro irrigado por gotejamento e por aspersão no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. Note o detalhe da distribuição espacial das parcelas experimentais na área no topo da figura onde parcelas vermelhas representam o monocultivo de tomate e parcelas verde o consórcio tomate+coentro. Obs.: No dia 08/08/08 não foram amostradas 2 parcelas (uma de cada tratamento) em cada tipo de sistema de irrigação.

Tabela 3.2: Parâmetros dos semivariogramas para plantas de tomate em que foi confirmada a presença de *Begomovirus* transmitidos por *Bemisia tabaci* biótipo B. Amostragem realizada após a primeira colheita de tomate orgânico irrigado por gotejamento e por aspersão no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Gama-DF, 2008. R^2 = coeficiente de determinação, C_0 = variação do efeito pepita, $C_0 + C$ = platô, a = alcance, C_0/C_0+C = variância dos dados.

Tratamento	Modelo	R^2	C_0	C_0+C	a	C_0/C_0+C
Gotejamento	Esférico	0,7	0,03	0,05	1,32	0,729
Aspersão	Linear	0,74	0,05	0,55	8,76	0,102

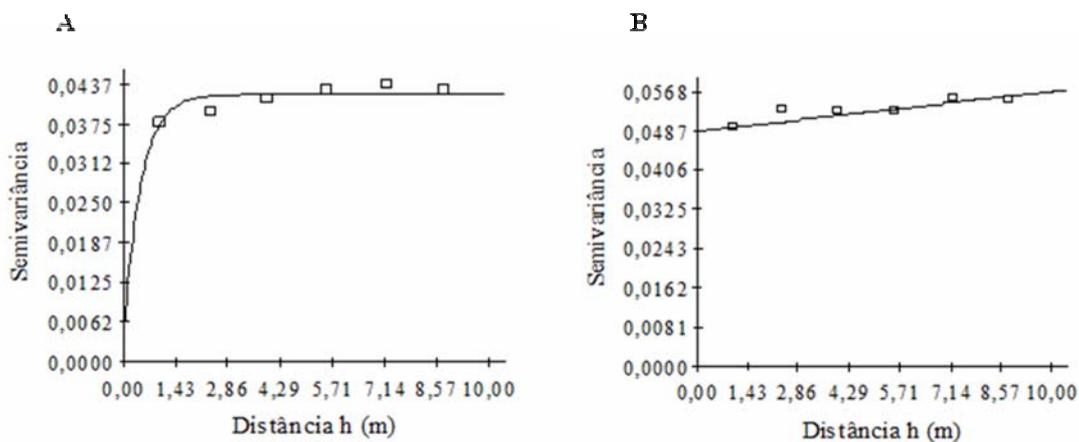


Figura 3.4: Semivariogramas da distribuição espacial de *Begomovirus* transmitidos por *Bemisia tabaci* biótipo B em cultivo de tomate orgânico irrigado por gotejamento (A) e por aspersão (B) no campo experimental da Embrapa Hortaliças, 2008.

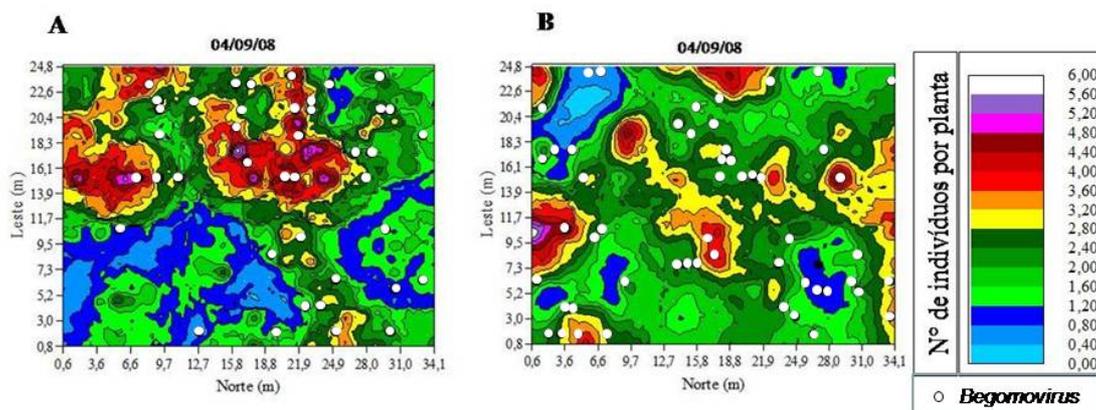


Figura 3.5: Mapa representativo da posição das plantas de tomate infectadas por *Begomovirus* (pontos pretos) sobreposto ao mapa de contorno da abundância de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B no dia 04/09/08 em cultivo de tomate orgânico irrigado por gotejamento (A) e por aspersão (B) no campo experimental da Embrapa Hortaliças, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consórcio do tomate com o coentro em sistema orgânico é uma importante ferramenta para o manejo ecológico de *Bemisia tabaci* biótipo B no cultivo orgânico de tomate, assim como o tipo de irrigação adotado em períodos secos e quentes do ano. O presente trabalho elucidou alguns mecanismos pelos quais o coentro pode interferir no comportamento e dinâmica populacional de *B. tabaci* biótipo B, acrescentando o fator irrigação na consideração das práticas culturais adotadas. As duas práticas culturais adotadas (consórcio com o coentro e tipo de irrigação) podem possuir efeitos diretos e indiretos nas populações de *B. tabaci* biótipo B. Esses resultados confirmam o padrão demonstrado por estudos anteriores de Togni *et al.* (2007) e Hilje & Stansly (2008) onde este consórcio reduziu a abundância de mosca-branca no tomateiro.

Considerando que os voláteis do tomateiro são reconhecidos pela mosca-branca, que é beneficiada diretamente pelo encontro da planta hospedeira, o coentro pode dificultar este encontro. Essa interferência direta do coentro no comportamento de seleção do tomateiro como hospedeira, demonstrado no capítulo 1, afeta negativamente a mosca-branca e indiretamente beneficia o tomateiro por potencialmente reduzir os prováveis danos causados pelo inseto, principalmente pela transmissão de viroses. Por outro lado, esses voláteis foram repelentes apenas para fêmeas virgens. Novos estudos visando a identificação dos voláteis do tomateiro e do coentro e como a combinação desses compostos químicos afetam o comportamento de seleção da planta hospedeira pela mosca-branca ainda precisam ser conduzidos.

Nos experimentos de campo as populações de mosca-branca colonizaram preferencialmente o tomateiro plantado em monocultura. Em campo, esse consórcio também aumenta a heterogeneidade do sistema dificultando ainda mais o encontro da planta hospedeira (Root, 1973). Ao analisar também os efeitos indiretos do coentro, foi verificado que esta planta promove um ambiente estruturalmente mais complexo e apresenta floração intensa e de fácil acesso para insetos predadores e parasitóides. Essas características do coentro promoveram maior atração dos inimigos naturais, principalmente após a floração. O coentro pode servir como fonte alternativa de alimentação e oviposição para os inimigos naturais da mosca branca, sendo observadas diferentes espécies que ovipositam nas folhas e se alimentam nas inflorescências e dos pulgões no coentro (alimento alternativo). O aumento do risco de ataque por predadores ou parasitóides possivelmente faz com que *B. tabaci* evite os plantio consorciados de

tomate com coentro como um estratégia para o escape de predadores, conforme observado anteriormente para plantas infestadas com ácaros predadores (Nomikou *et al.*, 2003). Portanto, o coentro pode ter efeitos diretos no comportamento de *B. tabaci* biótipo B e indiretos na sua dinâmica populacional pelo favorecimento de predadores e parasitóides.

Se a irrigação por aspersão for associada ao consórcio do tomateiro com o coentro, como no capítulo 2, a água interfere na movimentação entre plantas dos indivíduos fazendo com que ocorra maior dispersão da população para outras áreas. Como o experimento foi conduzido em uma época com temperaturas elevadas, umidade relativa do ar muito baixa e precipitação pluviométrica próxima a zero, a irrigação por aspersão ainda tem a vantagem de criar um microclima mais favorável para os inimigos naturais favorecendo a abundância e diversidade dos mesmos. Este pode ser considerado um efeito positivo direto da irrigação por aspersão na comunidade de inimigos naturais, ao mesmo tempo em que afeta negativamente a população de mosca-branca e indiretamente beneficia o tomateiro. Por outro lado, as espécies de inimigos naturais respondem de forma diferenciada ao sistema de irrigação e ao consórcio tomate+coentro. Então é necessário considerar quais as espécies que respondem melhor a cada prática de manejo para que os programas de controle biológico conservativo possam ser implementados de forma eficiente. Isso poderá favorecer o controle da densidade populacional desse herbívoro pela atuação de seus inimigos naturais.

Os efeitos diretos e indiretos do coentro e do sistema de irrigação foram evidentes nas análises realizadas no Capítulo 3, ao alterar a distribuição da população e das viroses associadas em campo. A população de *B. tabaci* ficou agrupada nas parcelas de monocultivo de tomate, sendo este padrão fortemente afetado pela irrigação por aspersão e pelo consórcio tomate+coentro. Esses fatores fizeram com que a incidência das viroses no tomateiro também apresentasse padrão agrupado nas parcelas de monocultura de tomate.

No cultivo de tomate as recomendações técnicas existentes, em geral, sugerem o sistema de irrigação por gotejamento, devido a alta incidência de doenças causadas por fungos e bactérias quando irrigado por aspersão. Para a mosca-branca a irrigação por gotejamento favorece o crescimento da população na área, pois não ocorre ação mecânica da água no desalojamento dos indivíduos das plantas, sendo recomendado o uso de irrigação por aspersão. Quanto ao coentro, este deve ser plantado 15 dias antes do transplante dos tomateiros, conforme sugerido por Medeiros (2007) e irrigado por

aspersão. Adotando essa estratégia o produtor pode se beneficiar dos efeitos diretos do coentro na colonização do tomateiro por *B. tabaci* biótipo B. Simultaneamente os inimigos naturais poderão ser atraídos e estabelecerem-se na área antes do transplante das mudas de tomate. A segunda sementeira do coentro, sem fins de produção, ainda pode prover sementes para diminuir o custo desse consórcio principalmente para pequenos produtores e deve ser investigado melhor no futuro. Dessa forma, essas duas práticas culturais podem ser estratégias eficientes como medida preventiva para colonização, estabelecimento, distribuição e incidência de *B. tabaci* e *Begomovirus* em cultivos de tomate orgânico durante o período de baixa precipitação pluviométrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albergaria, N.M.M.S.; Cividanes, F.J.; Dória, H.O.S. 2003. Tabela de vida ecológica de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 32: 559-563.
- Altieri, M.A. 1991. Traditional farming in Latin America. *The Ecologist*, 21: 93-96.
- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 19-31.
- Altieri, M.A.; Silva, E.N.; Nichols, C.I. 2003. O papel da biodiversidade no manejo de pragas. São Paulo, Holos, 226 p.
- Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561-586.
- Arab, A.A. & Bento, J.M.S. 2006. Plant volatiles: New perspectives for research in Brazil. *Neotropical Entomology* 35(2): 151-158.
- Atherton, J.G. & Rudich. 1986. The tomato crop: a scientific base for improvement. New York, Chapman and Hall, 661p.
- Bellows, T.S. Jr.; Perring, T.M.; Gill, R.J.; Headrick, D.H. 1994. Description of a species of *Bemisia*. *Annals of the Entomological Society of America* 87: 195-206.
- Bender, J. 1994. Future harvest: pesticide – free farming. Nebraska, University of Nebraska Press, 159 p.
- Bernays, E.A. & Mikenberg, O.P.J.M. 1997. Insect herbivores: Different reasons for being a generalist. *Ecology* 78(4): 1157-1169.
- Bernays, E.A. 1999. When host choice is a problem for a generalist herbivore: experiments with the whitefly, *Bemisia tabaci*. *Ecological Entomology* 24: 260-267
- Berry, N.A. & Wratten, S.D. 1996. Abundance and diversity of beneficial arthropods in conventional and “organic” carrot crops in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 24: 307-313.
- Bezerra, M.A.S.; Oliveira, M.R.V.; Vasconcelos, S.D. 2001. Does the presence of weeds affect *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) infestation on tomato plants in semi-arid agro-ecosystem? *Neotropical Entomology* 33: 769-775.
- Bianchi, F.J.J.A. & Wackers, F.L. 2008. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological Control* 46: 400-408.

- Bird, T.L. & Kruger, K. 2006. Response of the polyphagous whitefly *Bemisia tabaci* B-biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) to crop diversification – influence of multiple sensory stimuli on activity and fecundity. *Bulletin of Entomological Research* 96: 15-23.
- Blackmer, J.L. & Byrne, D.N. 1993. Environmental and physiological factors influencing phototactic flight of *Bemisia tabaci*. *Physiological Entomology* 18: 336-342.
- Borges, M & Aldrich, J.R. 2001. Feromônios de Heteroptera: oportunidades para o manejo de insetos benéficos. p. 93-98. In: Vilela, E.F. & Della Lucia, T.M.C. (eds.). Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas. 2a ed. Ribeirão Preto, Holos Editora.
- Brewster, C.C.; Allen, J.C.; Schuster, D.J.; Stansly, P.A. 1997. Simulating of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in a organic cropping system with a spatiotemporal model. *Environmental Entomology* 26(3): 603-616.
- Brown, J.K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. *FAO Plant Protection Bulletin* 42: 3-32.
- Bruce, T.J.A.; Wadhams, L.J.; Woodcock, C.M. 2005. Insect host location: a volatile situation. *Trends in Plant Science* 10(6): 269-274.
- Butler, G.D.; Henneberry, T.J.; Clayton, T.E. 1983. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): development, oviposition, and longevity in relation to temperature. *Annals of Entomological Society of America* 2: 310-313.
- Byrne, D.N. & Bellows Jr., T.S. 1991. Whitefly biology. *Annual Review of Entomology* 36: 431-457.
- Byrne, D.N. & Blackmer, J.L. 1996. Examination of short-range migration by *Bemisia*. P. 17-28. In: Gerling, D. & Mayer, R.T. (eds.) *Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management*. Andover, Intercept.
- Byrne, D.N. 1999. Migration and dispersal by the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Agriculture and Forest Meteorology* 97: 309-316.
- Cahill, M.; Byrne, F.J.; Gorman, K.; Denholmi, I.; Devonshire, A.L. 1995. Pyrethroid and organophosphate resistance in the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bulletin of Entomological Research* 85(2): 181-187.
- Castelo Branco, M.; França, F.H.; Medeiros, M.A.; Leal, G.T. 2001. Uso de inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e traça-das-crucíferas: um estudo de caso. *Horticultura Brasileira* 19: 60-63.

- Castle, S.J. 2001. Differences between cotton and melon in host acceptance by *Bemisia tabaci*. In: Proceedings of the Beltwide cotton conference. p. 1056-1059. Memphis, National Cotton Council.
- Cavalacanti, T.B. & Ramos, A.E. 2001. Flora do Distrito Federal, Brasil. Vol. 1. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 359 p.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austral Ecology* 18: 117-143.
- Colley, M.R. & Luna, J.M. 2000. Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Environmental Entomology* 29(5): 1054-1059.
- Constanza, R.; D'arge, R.; Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neil, R.V.; paruelo J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; Van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Conway, G.R. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 24: 95-117.
- Costa, A.S. 1976. Whitefly-transmitted plant diseases. *Annual Review of Phytopathology* 14: 429-449.
- Costa, R.S. & Bleicher, E. 2006. Comportamento da mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) em sistemas de plantio de coentro, melancia e melão. *Revista Ciência Agronômica* 37(2): 195-199.
- Cunningham, J.P. & West, S.A. 2001. Host selection in phytophagous insects: a new explanation for learning in adults. *Oikos* 95:537-543.
- Dale, M.R.T.; Dixon, P.; Fortin, M.J.; Legendre, P.; Myers, D.; Rosenberg, M.S. 2002. Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analyses. *Ecography* 25: 558-557.
- Dalgaard, T.; Hutchings, N.J.; Porter, J.R. 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 100: 39-51.
- De Barro, P.J.; Driver, F.; Trueman, J.W.H.; Curran, J. 2000. Phylogenetic relationships of world populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) using ribosomal ITS1. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 16(1): 29-36.
- De Barro, P.J.; Scott, K.D.; Graham, G.C.; Lange, C.L.; Schutze, M.K. 2003. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Bemisia tabaci*. *Molecular Ecology Notes* 3: 40-43.

- De Barro, P.J.; Trueman, J.W.H.; Frolich, D.R. 2005. *Bemisia argentifolii* is a race of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae): the molecular genetics differentiation of *B. tabaci* populations around the world. *Bulletin of Entomological Research* 95: 193-203.
- Delaplane, K.S. & Mayer, D.F. 2000. Cop pollination by bees. New York, CABI, 332 p.
- Della Vecchia, M.G.S.; Rosa, D.D.; Bergamin Filho, A.; Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; 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(4): 387-395.
- Dicke, M. 2000. Chemical ecology of host-plant selection by herbivorous arthropods: a multitrophic perspective. *Biochemical Systematics and Ecology* 28: 601-617.
- Dinardo-Miranda, L.L.; Vasconcelos, A.C.M.; Vieira, S.R.; Fracasso, J.V.; Grego, C.R. 2007. Uso da geoestatística na avaliação da distribuição espacial de *Mahanarva frimbiolata* em cana-de-açúcar. *Bragantia* 66(3): 449-445.
- Dinkwater, L.E.; Wagoner, P.; Sarrantonio, M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396: 262-265.
- Dungan, J.L.; Perry, J.N.; Dale, M.R.; Legendre, P.; Citron-Pousty, S.; Fortin, M.J.; Jakomulska, A.; Miriti, M.; Rosenberg, M.S. 2002. A balanced view os scale in spatial statistic analyses. *Ecography* 25: 626-640.
- Dyer, L.A. & Stireman III, J.O. 2003. Community-wide trophic cascades and other indirect interactions in agricultural community. *Basic and Applied Ecology* 4: 423-432.
- Ecole, C.C.; Picanço, M.C.; Moreira, M.D.; Magalhães, S.T.V. 2000. Componentes químicos associados à resistência de *Lycopersicon esculentum* f. *typicum* a *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29(2): 327-337.
- Eiras, A.E. & Neto, A.M. 2001. Olfatometria aplicada ao estudo do comportamento de insetos. p. 27-39. In: Vilela, E.F. & Della Lucia, T.M.C. (eds.). Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas. 2a ed. Ribeirão Preto, Holos Editora.
- Ekbohm, B.S. & Rumei, X. 1990. Sampling and spatial patterns of whiteflies. P. 107-121. In Gerling, D. (ed.). Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept, Andover.
- Ellsbury, M.M.; Woodson, W.D.; Clay, S.A.; Malo, D.; Schumacher, J.; Clay, D.E.;

- Carlson, C.G. 1998. Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence. *Environmental Entomology* 27(4): 910-917.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 412 p.
- Erdogan, C.; Moores, G.D.; Gurkan, M.O.; Gorman, K.J.; Denholme, I. 2008. Insecticide resistance and biotypes status of populations of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Turkey. *Crop Protection* 27: 600-605.
- European and Mediterranean plant protection organization (EMPPPO). 2004. Diagnostic protocols for regulated pests – *Bemisia tabaci*. Bulletin OEPP/EPPO 34: 281-288.
- Fancelli, M.; Vendramim, J.D.; Lourenção, A.L.; 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.
- Faria, J.C.; Bezerra, I.C.; Zerbini, F.M.; Ribeiro, S.G.; Lima, M.F. 2000. Situação atual das geminiviroses no Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 25: 125-137.
- Farias, J.C.; Souza-Dias, J.A.; Slack, S.A.; Maxwell, D.P. 1997. A new geminivirus associated with tomato in the State of São Paulo, Brazil. *Plant Disease* 91: 423-428.
- Farias, P.R.S.; Barbosa, J.C.; Busoli, A.C.; Overal, W.L.; Miranda, V.S.; Ribeiro, S.M. 2008. Spatial analyses of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. *Neotropical Entomology* 37(3): 321-327.
- Feeny, P.P. 1976. Plant appearance and chemical defense. *Recent Advances in Phytochemistry* 10:1-40
- Feltrin, D.M.; Lourenção, A.L.; Furlani, P.R.; Carvalho, C.R.L. 2002. Efeito de fontes de potássio na infestação de *Bemisia tabaci* Biótipo e características do tomateiro sob ambiente protegido. *Bragantia* 61(1): 49-57.
- Fernandes, F.R.; Albuquerque, L.C.; Giordano, L.B.; Boitex, L.S.; Ávila, A.C.; Inoue-Nagata, A.K. 2008. Diversity and prevalence of Brazilian bipartite begomovirus species associated to tomatoes. *Virus Genes* 36: 251-258.
- Fiedler, A.K. & Landis, D.A. 2007. Attractiveness of Michigan native plants to arthropod natural enemies and herbivores. *Environmental Entomology* 36: 751-765.

- Finch, S. & Collier, R.H. 2000. Host-plant selection by insects – a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96: 91-102.
- Flint, H.M.; Radin, J.W.; Parks, N.J.; Reaves, L.L. 1995. The effects of drip or furrow irrigation of cotton on *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Agricultural Entomology* 12: 25-32.
- França, F.H., Villas-Bôas, G.L.; Castelo Branco, M.; Medeiros, M.A. 2000. Manejo integrado de pragas. P. 112-127. Silva, J.B.C. & Giordano, L.B. (eds.) Tomate para processamento industrial. Brasília, Embrapa Hortaliças.
- Frolich, D.R.; Torres-Jerez, I.; Bedford, P.G.; Markham, P.G.; Brown, J.K. 1999. A phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial DNA markers. *Molecular Ecology* 8(10):1683-1691.
- Gatehouse, A.G. 1997. Behaviour and ecological genetics of wind-borne migration of insects. *Annual Review of Entomology* 42, 475-502.
- Gencsoylu, I. & Yilmaz, E. 2003 Influence of various irrigation methods on *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae) in cotton fields. *Asian Journal of Plant Sciences* 2 (10): 768-771.
- Gerling, D. & Horowitz, A.R. 1984. Yellow traps for evaluating the population levels and dispersal patterns of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals of the Entomological Society of America* 77: 753-759.
- Gerling, D., Horowitz, A.R.; Baumgaertner, J. 1986. Autoecology of *Bemisia tabaci*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 17: 5-19.
- Gerling, D.; Alomar, O.; Arno, J. 2001. Biological control for *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Protection* 20: 835-852.
- Ghanim, M.; Rosell, R.C.; Campbell, L.R.; Czosnek, H.; Brown, J.K.; Ullman, D.E. 2001. Digestive, salivary and reproductive organs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) B type. *Journal of Morphology* 248: 22-40.
- Gill, R.J. 1990. The morphology of whiteflies. P. 13-46. In Gerling, D. (ed.). Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept, Andover.
- Giordano, L.B. & Ribeiro, C.S.C.. 2000. Origem, botânica e composição química do fruto. p. 12-27. In: Silva, J.B.C. & Giordano, L.B. (eds.) Tomate para processamento industrial. Brasília, Embrapa Hortaliças.
- Giordano, L.B.; Fonseca, M.E.N.; Silva, J.B.C.; Inoue-Nagata, A.K.; Boiteux, L.S. 2005. Efeito da infecção precoce por Begomovirus com genoma bipartido em

- características de frutos de tomate industrial. *Horticultura Brasileira* 23: 815-818.
- Gliessman, S.R. 2005. Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável. 3ª ed. Porto Alegre, Editora Universidade UFRGS, 653 p.
- Haji, F.N.P.; Alencar, J.A.; Prezotti, L. 1998. Principais pragas do tomateiro e alternativas de controle. Petrolina, Embrapa CPATSA, 50p.
- Haji, F.N.P., M.F. Lima, J.A. Alencar & L. Prezotti. 1996. Mosca-branca: Nova praga na região do submédio São Francisco. *Horticultura Brasileira* 14: 88.
- Hammer, O.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. 2001. Paleontological statistics software package for education and data analyses. *Paleontologia Electronica* 4(1): 9p.
- Henneberry, T.J.; Hendrix, D.H.; Perkins, H.H.; Naranjo, S.E.; Flint, H.M.; Akey, D.; Jech, L.F.; Burke, R.A. 1995. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) populations and relationships to sticky cotton and cotton yields. *Southwestern Entomologist* 20: 255-271.
- Hilje, L. & Stansly, P.A. 2008 Living ground covers for management of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and tomato yellow mottle virus in Costa Rica. *Crop Protection* 27: 10-16.
- Hilje, L.; Costa, H.S.; Stansly, P.A. 2001. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. *Crop Protection* 20: 801-812.
- Hokkanen, H.M.T. 1991. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology* 36: 119-138.
- Hole, D.G.; Perkins, A.J.; Wilson, J.D.; Alexander, I.H.; Grice, P.V.; Evans, A.D. 2005. Does the organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122: 113-130.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica>. Acessado em 10 de Outubro de 2008.
- Inbar, M. & Gerling, D. 2008. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. *Annual Review of Entomology* 53: 431-448.
- Inbar, M.; Doostdar, H.; Sonoda, R.M.; Leibee, G.L.; Mayer, R.T. 2001. Elicitors of plant defensive systems reduce insect densities and disease incidence. *Journal of Chemical Ecology* 24(1): 135-149.
- Inoue-Nagata, A.K.; Navas-Castillo, J.; Melo, P.C.T.; Ávila, A.C. 2004. Busca por *Tomato yellow leaf Curl Sardinia Virus* em tomateiros. *Horticultura Brasileira* 22(4): 799-800.

- Isaacs, R. & Byrne, D.N. 1998. Aerial distribution, flight behavior and eggload: their interrelationship during dispersal by the sweetpotato whitefly. *Journal of Animal Ecology* 56: 630-649.
- Isaacs, R.; Cahil, M.; Byrne, D.N. 1999b. Host plant evaluation behavior of *Bemisia tabaci* and its modification by external or internal uptake of imidacloprid. *Physiological Entomology* 24: 101-108.
- Isaacs, R.; Willis, M.A.; Byrne, D.N. 1999. Modulation of whitefly take-off and flight orientation by wind speed and visual cues. *Physiological Entomology* 24: 311-318.
- Jerger, M.J.; Holt, J.; Van Den Bosch, F.; Madden, L.V. 2004. Epidemiology of insect-transmitted plant viruses: modeling disease dynamics and control interventions. *Physiological Entomology* 29: 291-304.
- Jones, D. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology* 109: 197-221.
- Jones, G.A. & Gillett, J.L. 2005. Intercropping with sunflowers to attract beneficial insects in organic agriculture. *Florida Entomologist* 88(1): 91-96.
- Jones, W.A.; Wolfenbarger, D.A.; Kirk, A.A. 1995. Response of adult parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hom.: Aleyrodidae) to leaf residues of selected cotton insecticides. *Entomophaga* 40: 153-162.
- Klink, C.A. & Moreira, A.G. 2002. Past and current human occupation, and land use. p. 67-88. In: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savana*. New York, Columbia University Press
- Knapp, S. 2002. Tobacco to tomatoes: a phylogenetic perspective on fruit diversity in the Solanaceae. *Journal of Experimental Botany* 53: 2001-2022.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2a ed., Addison Wesley, Menlo Park, 620 p.
- Lange, W.H. & Bronson, L. 1981. Insect pests of tomatoes. *Annual Review of Entomology* 26: 345-371.
- Langellotto, G.A. & Denno, R.F. 2004. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. *Oecologia* 139: 1-10.
- Laumann, R.A.; Ribeiro, P.H.; Pires, C.S.S.; Schmidt, F.G.V.; Borges, M.; Moraes, M.C.B.; Sujii, E.R. 2004. Diversidade de crisomelídeos-praga (Coleoptera: Chrysomelidae) no Distrito Federal. Embrapa recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília-DF, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento No 76, 22 p.
- Leite, G.L.D.; Picanço, M.C.; Jham, G.N.; Moreira, M.D. 2005. Dinâmica populacional de mosca-branca em quiabo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 19-25.

- Letouneau, D.K. & Bothwell, S.G. 2008. Comparison of organic and conventional farms: challenging ecologists to make biodiversity functional. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6: 430-438.
- Letouneau, D.K. & Goldstein, B. 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology* 38: 557-570.
- Liebhold, A.M. & Gurevitch, J. 2002. Integrating the statistical analyses of spatial data in ecology. *Ecography* 25: 553-557.
- Liebhold, A.M.; Rossi, R.E.; Kemp, W.P. 1993. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annual Review of Entomology* 28: 303-327.
- Lima, L.H.C.; Campos, L.; Moretzsohn, M.C.; Návia, D.; Oliveira, M.R.V. 2002. Genetic diversity of *Bemisia tabaci* (Genn.) populations in Brazil revealed RAPD markers. *Genetics and Molecular Biology* 25(2): 217-223.
- Lopes Filho, F. 1990. Tomate industrial no submédio São Francisco e as pragas que limitam sua produção. *Pesquisa agropecuária brasileira* 25: 283-288.
- Lourenção, A.L. & Nagai, H. 1994. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. *Bragantia* 53: 53-59.
- Luan, J.B.; Ruan, Y.M.; Zhang, L.; Liu, S.S. 2008. Pre-copulation intervals, copulation frequencies and initial progeny sex ratios in two biotypes of whitefly *Bemisia tabaci*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 129(3): 316-324.
- Macedo, N. & Botelho, P.S.M. 2002. Técnicas para avaliar a eficiência de inimigos naturais. P. 295-312. In: Parra, J.E.; Botelho, P.S.M. Corrêa-ferreira, B.S.; Bento, J.M. (eds.) Controle Biológico no Brasil. São Paulo, Manole, 635 p.
- Magdoff, F. 2007. Ecological agriculture: principles, practices, and constraints. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22(2): 109-117.
- Makishima, N. & Miranda, J.E.C. 1992. Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças Nº 11, 22p.
- Marouelli, W.A. & Silva, W.L.C. 2006. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante a fase de frutificação, na região do Cerrado. *Horticultura Brasileira* 24: 324-346.
- Marouelli, W.A. 2008. Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças. Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, Circular Técnica da Embrapa Hortaliças Nº 57,

15 p.

- Marouelli, W.A., Lopes, C.A. Silva, W.L.C. 2005. Incidência de murcha bacterina em tomate para processamento industrial sob irrigação por gotejamento e aspersão. *Horticultura Brasileira* 23: 320-323.
- Marouelli, W.A.; Silva, W.L.C.; Silva, H.R.; Vilela, N.J. 2000. Eficiência econômica do manejo racional da irrigação em tomateiro para processamento industrial. *Horticultura Brasileira* 18: 238-243.
- Mattos, M.A.A.; Oliveira, J.V.; Hajji, F.N.P.; Lima, M.F.; Costa, N.D. 2003. Utilização de estratégias com agroquímicos no controle de ovos, ninfas e adultos de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomate, no submédio do Vale do São Francisco. *Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente* 13: 59-72.
- Mayer, R.T.; Inbar, M.; McKenzie, C.L.; Shatters, R.; Borowicz, V.; Albrecht, U.; Powell, C.A.; Doostdar, H. 2002. Multitrophic interactions of the silverleaf whitefly, host plants, competing herbivores, and phytopatogens. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 51: 151-169.
- McCann, K.S. 2000. The diversity-stability debate. *Nature* 405: 228-233.
- Medeiros, M.A. 2007. Papel da Biodiversidade no manejo da traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera: Gelechiidae). Brasília: UnB. 145p. (Tese de Doutorado).
- Medeiros, M.A.; Vilela, N.J.; França, F.H. 2006. Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 24: 180-184.
- Michereff Filho, M. & Vilela, E.F. 2000. Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). p. 81-84. In: Vilela, E.F.; Zucchi, R.A.; & Cantor, F. (eds.). Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos. p. 81-84.
- Monteiro, A.F.M. 2008. Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em sistemas de cultivo de algodoeiro no Distrito Federal. Brasília – DF, UnB (Dissertação de mestrado).
- Moraes, M.C.B.; Laumann, R.A.; Sujii, E.R.; Pires, C.S.S.; Borges, M. 2005. Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with neotropical brown stink bug, *Euchistus heros*, and their effect on the egg parasitoid, *Telenomus podisi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115: 227-237.
- Morales, F. & Jones, P.G. 2004. The ecology and epidemiology of whitefly-transmitted

- viruses in Latin America. *Virus Research* 10: 57-65.
- Morales, M.N. & Köhle, A. 2008. Comunidade de Syrphidae (Diptera): diversidade e preferências florais no Cinturão Verde (Santa Cruz do Sul, RS, Brasil). *Revista Brasileira de Entomologia* 52: 41-49.
- Nagata, T.; Inoue-Nagata, A.K., De Ávila, A.C.; Giordano, L.B. 2004. Print-capture PCR for detection of tomato begomoviruses from plants and whiteflies. *Fitopatologia Brasileira* 29: 91-93.
- Nansen, C.; Campbell, J.F.; Philips, T.W.; Mullen, M.A. 2003. The impact of spatial structure on the accuracy of contour maps of small data sets. *Journal of Economic Entomology* 96(6): 1617-1625.
- Naranjo, S.E. & Ellsworth, P.C. 2005. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 116: 93-108.
- Naranjo, S.E. 2001. Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20: 835 – 852.
- Natarajan, K. 1990. Natural enemies of *Bemisia tabaci* Gennadius and effect of insecticides on their activity. *Journal of Biological Control* 4: 86–88.
- Nomikou, M.; Janssen, A.; Sabelis, M.W. 2003. Herbivore host plant selection: whitefly learns to avoid hosts that harbour predators of her offspring. *Oecologia* 136: 484-488.
- Nomikou, M.; Meng, R.; Schraag, R.; Sabelis, M.W.; Janssen, A. 2005. How predatory mites find plants with whitefly prey. *Experimental and Applied Acarology* 36: 263-275.
- Obrycki, J.J. & Kring, T.J. 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology* 43: 295-321.
- Oliveira, M.R.V. 2001. Mosca-branca, *Bemisia tabaci* raça B (Hemiptera: Aleyrodidae) p.61-71. In: Vilela, E.F.; Zucchi, R.A. & Cantor, F. (eds.). Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos, 173 p.
- Oliveira, M.R.V.; Amancio, E.; Laumann, R.A.; Gomes, L.O. 2003. Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Gennadius) B biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brasília, Brazil. *Neotropical Entomology* 32: 151-154.
- Oliveira, M.R.V.; Henneberry, T.J.; Anderson, P. 2001. History, current status and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20: 709-723.
- Oliveira, M.R.V.; Lima, L.H.C. Marinho, V.L.A.; Batista, M.F.; Amâncio, E.; Vilarinho, K.R.; Silva, S.F.; Faria, M.R. 2005. Moscas-brancas no Brasil e no

- mundo: identificação e expressão econômica. Capítulo 1. In: Oliveira, M.R.V.; Batista, M.F.; Lima, L.H.C.; Marinho, V.L.A.; Faria, M.R. (eds.) Moscas-brancas (Hemiptera: Aleyrodidae): praga e vetor. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- Oriani, M.A.; Vendramim, J.D.; Brunherotto, R. 2008. Aspectos biológicos de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em seis genótipos de feijoeiro. *Neotropical Entomology* 37(2): 191-195.
- Pallini, A.; Venzon, M.; Janssen, A. 2001. Infoquímicos de ácaros mediando interações em teias alimentares. p. 113-120. In: Vilela, E.F. & Della Lucia, T.M.C. (eds.). Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas. 2a ed. Ribeirão Preto, Holos Editora.
- Palumbo, J.C.; Horowitz, A.R.; Prabhaker, N. 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20: 739-765.
- Palumbo, J.C.; Tonhasca Jr., A.; Byrne, D.N. 1995. Evaluation of three sampling methods for estimating adult sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) abundance on cantaloupes. *Journal of Economic Entomology* 88: 1393-1400.
- Patt, J.M.; Wainright, S.C.; Hamilton, G.C.; Whittinghill, D.; BOsley, K.; Dietrick, J.; Lashomb, J.H. 2003. Assimilation of carbon and nitrogen from pollen and nectar by predaceous larva and its effects on growth and development. *Ecological Entomology* 28: 717-728.
- Pereira, M.F.A.; Boiça Jr.; A.L.; Barbosa, J.C. 2004. Distribuição espacial de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Neotropical Entomology* 33: 493-498.
- Perring, T.M. 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection* 20: 725-737.
- Perring, T.M.; Cooper, A.D.; Rodriguez, R.J.; Farrar, C.A.; Bellows Jr., T.S. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259: 74-77.
- Picanço, M.C.; Bacci, L.; Crespo, A.L.B.; Miranda, M.M.M.; Martins, J.C. 2007. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology* 9: 327-335.
- Polston, J.E.; Chellemi, D.O.; Schuster, D.J.; McGovern, R.J.; Stansly, P.A. 1996. Spatio and temporal dynamics of Tomato Mottle Geminivirus and *Bemisia tabaci* (Genn.) in Florida Tomato Fields. *Plant Disease* 80: 1022-1028.
- Prabhaker, N.; Coudriet, D.L.; Meyerdirk, D.E. 1985. Insecticide resistance in the

- sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 78: 748-752.
- Price, P.; Wollkind, D.J.; Hoyt, S.C.; Tanigoshi, L.K. 1976. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environmental Entomology* 5: 1133-1140.
- Ramappa, H.K.; Munyapa, V.; Colvin, J. 1998. The contribution of tomato and alternative host plants to tomato leaf curl virus inoculum pressure in different areas of South India. *Annals of Applied Biology* 133: 187-198.
- Ramirez, P. & Rivera-bustamante, R. Identificación de geminivirus. p. 30-41. In: Hilje, L. (ed.). Metodologias para el estudio y manejo de moscas blancas e geminivirus. Turialba, CATIE.
- Randlkofer, B.; Obermaier, E.; Meiners, T. 2007. Mother's choice of the oviposition site: balancing risk of egg parasitism and need of food supply for the progeny with an infochemical shelter? *Chemoecology* 17: 177-186.
- Resende, A.L.S. 2008. Comunidade de joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) e aspectos fitotécnicos da couve (*Brassica oleracea* var. acephala) em consórcio com o coentro (*Coriandrum sativum*), sob manejo orgânico. Rio de Janeiro: UFRRJ. (Dissertação de mestrado).
- Ribeiro, S.G.; Ambrozewicz, L.P.; Ávila, A.C.; Calegario, R.F.; Fernandes, J.J.; Lima, M.F.; Mello, R.N.; Rocha, H.; Zerbini, F.M. 2003. Distribution and genetic diversity of tomato-infecting begomoviruses in Brazil. *Archives of Virology* 148: 281-295.
- Ribeiro, S.G.; Ávila, A.C.; Bezerra, I.C.; Fernandes, J.J.; Faria, J.C.; Lima, M.F.; Gilbertson, R.L.; Maciel-Zambolim, E.; Zerbini, F.M. 1998. Widespread occurrence of tomato geminiviruses in Brazil. *Plant Disease*, 82 (7): 830.
- Riis, L. & Nachman, G. 2006. Migration, trapping and local dynamics of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Agricultural and Forest Entomology* 8: 233-241.
- Riley, J.R.; Reynolds, D.R.; Mukhopadhyay, S; Ghosh, M.R.; Sarkar, T.K. 1995. Long-distance migration of aphids and other small insects in northeast India. *European Journal of Entomology* 92: 639-653.
- Root, R.B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological monographs*, 43(1): 95-124.
- Salas, J. & Mendonza, O. 1995. Biology of the sweet potato Whitefly (Homoptera:

- Aleyrodidae) on tomato. *Florida Entomologist* 78: 154-160.
- Santana, F.M.; Inoue-Nagata, A.K., Nagata, T.; Ribeiro, S.G.; Ávila, A.C.; Giordano, L.B. 2007. Detecção de um begomovírus em amostras foliares de tomateiro com sonda não-radioativas. *Ciência Rural* 37: 269-272.
- Santos, C.D.G., Ávila, A.C.D.; Inoue-Nagata, A.K.; Resende, R.O. 2004. Espécies vegetais hospedeiras de *Begomovirus* isolados de tomateiro. *Fitopatologia Brasileira* 29: 450-455.
- Sarmiento, R.A.; Venzon, M.; Pallini, A.; Oliveira, E.E.; Janssen, A. 2007. Use of odours by *Cycloneda sanguinea* to assess patch quality. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 124(3): 313-318.
- Siegel, S. 1975. Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento. McGraw-Hill, São Paulo, 350 p.
- Silva, J.B.C; Giordano, L.B.. 2000. Produção mundial e nacional. p. 8-11. In: Silva, J.B.C. & Giordano, L.B. (eds.) Tomate para processamento industrial. Brasília, Embrapa Hortaliças.
- Simmons, A.M. & Jackson, D.M. 2000. Evaluation of foliar-applied insecticides on abundance of parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in vegetables. *Journal of Entomological Science* 35: 1-8.
- Smith, H.A & McSorley, R. 2000. Potencial of field corn as a barrier crop and eggplant as a trap crop for management of *Bemisia argentifolli* (Homoptera: Aleyrodidae) on common bean in north Florida. *Florida Entomologist* 83(2): 145-158.
- Southwood, T.R.E. & P.A. Henderson. 2000. Ecological Methods. 3a ed., Blackwell, Oxford, 575 p.
- Souza, J.C. & Reis P.R. 2003. Principais pragas do tomate para mesa: bioecologia, dano e controle. *Informe Agropecuário* 24: 79-92.
- Souza, J.L. & Resende, P. 2006. Manual de Horticultura orgânica. 2ª ed. Viçosa, Aprenda Fácil Editora, 843 p.
- Suinaga, F.A.; Picanço, M.C.; Moreira, M.D.; Semeão, A.A.; Magalhães, S.T.V. 2004. Resistência por antibiose de *Lycopersicon peruvianum* à traça do tomateiro. *Horticultura Brasileira* 22(2): 281-285.
- Sujii, E.R.; Togni, P.H.B.; Nakasu, E.Y.T.; Pires, C.S.S.; Paula, D.P.; Fontes, E.M.G. 2008. Impacto do algodoeiro Bt na dinâmica do pulgão-do-algodoeiro em casa de vegetação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43(10): 1251-1256.
- Systat Software Inc. 2004, SigmaStat 3.1 for Windows. INSO Corporation, Richmond,

CA, USA, 848 p.

- Thomson, L.J. 2006. Influence of reduced irrigation on beneficial invertebrates in vineyards. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46(10): 1389–1395.
- Togni, P.H.B.; Sujii, E.R.; Frizzas, M.R.; Medeiros, M.A.; Erdman, M.; Cavalcante, K.R.; Nakasu, E.Y.T.; Fontes, E.M.G.; Pires, C.S.S. 2007. Comparação da dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomate plantado sob sistema de cultivo orgânico e convencional. Embrapa Cenargen, Brasília-DF, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 164, 17 p.
- Torres, J.L.R.; Pereira, M.G.; Andrioli, J.C.P.; Fabian, A.J. 2005. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 29: 609-618.
- Toscano, L.C.; Boiça Jr., A.L.; Maruyama, W.I. 2002. Fatores que afetam a oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B em tomateiro. *Neotropical Entomology* 31: 631-634.
- Triplehorn, C.A. & Johnson, N. F. 2005. Borror and delong's introduction to the study of insects. Thomson Brooks/Cole. 863 p.
- Tunc, I. & Sahinkaya, S. 1998. Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 86: 183-187.
- Veenstra, K.H. & Byrne, D.N. 1998. The effects of physiological factors and host plant experience on the ovipositional activity of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89: 15-23.
- Venzon, M.; Rosado, M.C.; Euzébio, D.E.; Souza, B.; Schroeder, J.H. 2006. Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the Green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotropical Entomology* 35(3): 371-376.
- Verdesio, J.J. Perspectivas ambientais. p. 585-606 In: Pinto, M.N. (ed.) Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2ª ed. Brasília, EdUnB.
- Vet, L.E.M.; Van Lenteren, J.C.; Heymans, Meelis, E. 1983. An airflow olfactometer for measuring olfactory responses of hymenopterous insects parasitoids and other small insects. *Physiological Entomology* 8(1): 97-106.
- Vilela, N.J.; Resende, F.V.; Medeiros, M.A. 2006. Evolução e cadeia produtiva da agricultura orgânica. Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, Circular Técnica da Embrapa Hortaliças Nº 45, 8 p.
- Villas-Bôas, G.L.; França, F.H.; Ávila, A.C.; Bezerra, I.C. 1997. Manejo integrado da

- mosca branca *Bemisia argentifolii*. Brasília-DF, Embrapa Hortaliças, Circular Técnica da Embrapa Hortaliças No 9, 11p.
- Villas-Bôas, G.L.; França, F.H.; Macedo, N. 2002. Potencial biótico da mosca-branca *Bemisia argentifolii* a diferentes plantas hospedeiras. *Horticultura Brasileira*, 20(1): 71-79.
- Ying, J.; Huang, J.; Rui-yan, M.; Ju-cai, H. 2003. Host plant preferences of *Bemisia tabaci* Gennadius. *Insect Science* 10(2): 109-114.
- Zehnder, G.; Gurr, G.M.; Unhe, S.; Wade, M.R.; Wratten, S.D.; Wyss, E. 2007. Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* 52: 57-80.
- Zhang, W.; McAuslane, H.J.; Schuster, D.J. 2004. Repellency of ginger oil to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. *Ecotoxicology* 97: 1310-1318.
- Zhar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall. 663p.

ANEXO

Identificação do biótipo de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) utilizando marcadores moleculares tipo SCAR

Durante os períodos de amostragens foram coletadas aleatoriamente cinco amostras da população de adultos de *B. tabaci* nas plantas de tomate ao longo do ciclo da cultura. Estes foram conservados em álcool 70%. Dessas amostras foram selecionados oito indivíduos de cada amostra para identificação do biótipo utilizando-se o marcador molecular BT-B1 do tipo SCAR (*Sequence Characterized Amplified Regions* – Regiões Amplificadas de Sequências Caracterizadas). Para detalhes sobre o *primer* utilizado ver Queiroz (2006) que o desenvolveu junto a outros *primers* para identificação do biótipo de *B. tabaci*. Os marcadores SCAR são baseados no seqüenciamento de fragmentos polimórficos de DNA gerados por RAPD e o desenho de *primers* específicos a esses fragmentos (Paran & Michelmore, 1993). Os marcadores do tipo SCAR possuem alta especificidade de pareamento com as regiões do DNA ao qual foram desenvolvidos, é menos sensível que o RAPD à mudanças nas condições de amplificação e podem ser amplificados por técnicas convencionais como o PCR (Borém & Santos, 2002).

Os indivíduos coletados foram macerados e o DNA extraído de cada indivíduo adulto utilizando 60µl de tampão de extração (Tris-HCl 10 mM pH 8, EDTA 1 mM, Triton X-100 0,3 % e proteinase K 60 µg.mL). Em seguida, o macerado foi encubado a 65 °C para inativação da proteinase K e mantido em banho-maria (95 °C) por cinco minutos. As reações de amplificação foram realizadas em 25 µL de uma mistura contendo 11,1 µL de água milliQ autoclavada, 2,5 µL de tampão 10 X (100 mM Tris-HCl pH 9,2, 500 mM KCl e 1 % Tween 20), 1,5 µL MgCl₂ 25 mM, 1,5 µL de cada *primer* (IDT, Inc.,Coralville, IA) na concentração de 3 µM, 1,2 µL DMSO, 0,3 µL dNTP 10 mM, 0,4 µL *Taq* DNA polimerase (Amersham) 1 U.µL⁻¹ e 5,0 µL de DNA (20 ng). As amplificações do DNA das amostras foram realizadas em termociclador (PTC-100 MJ Research), sendo estabelecida uma fase inicial de desnaturação de 3 min a 94 °C. Para a fase de anelamento das seqüências iniciadoras foram estabelecidos 30 ciclos a 94 °C. anelamento por 1 min a 63,5 °C, extensão por 1 min a 72 °C e uma etapa final de extensão de 5 min a 72 °C.

Os produtos de amplificação originários de RAPD ou SCAR foram visualizados em gel de agarose 1,5 % submerso em tampão TBE 1X (Tris-borato 90 mM e EDTA 1 mM) durante 3 h a 160 V e posteriormente corado com Brometo de Etídio. Em seguida, a documentação fotográfica foi feita usando-se o sistema EagleEye II still video system^{T.M.} (Stratagene). Todas as amostras apresentaram amplificação das bandas de DNA de 800 pb característicos do biótipo B (Figura I). Portanto, todos os indivíduos foram positivamente identificados como sendo *Bemisia tabaci* biótipo B.

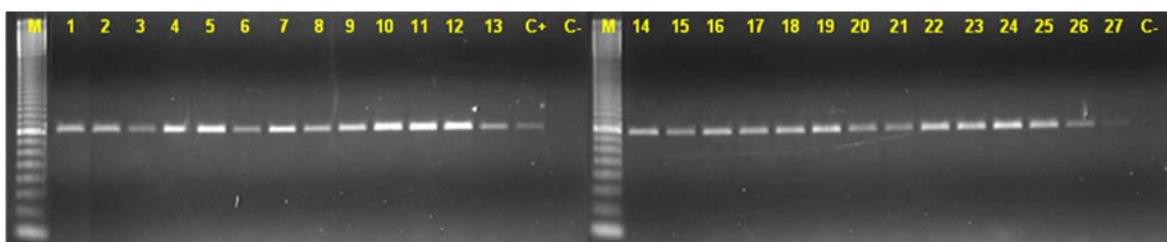


Figura I: Identificação do biótipo de *Bemisia tabaci* pela técnica de RAPD-PCR. A letra 'M' corresponde ao marcador molecular BT-B1 do tipo SCAR para o biótipo B, os números correspondem às amostras e C+ e C- correspondem ao controle positivo e negativo, respectivamente.. Note a região mais evidente do marcador da figura e o amplificação das bandas de DNA nas amostras na mesma linha do marcador.

Referências Bibliográficas

- Borém, A. & Santos, F. R. 2002. Biotecnologia simplificada: Marcadores moleculares. Viçosa, Editora Suprema, 249 p.
- Paran, I. & Michelmore, R.W. 1993. Development of reliable PCR-based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce. *Theoretical and Applied Genetics* 85: 985-993.
- Queiroz, P.R. 2006. Caracterização molecular e desenvolvimento de marcadores específicos para a detecção de biótipo de mosca-branca *Bemisia tabaci*. Brasília - DF, Universidade de Brasília. (Tese de doutorado).

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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