

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CONTROLE BIOLÓGICO DE *Bemisia tabaci* (Gennadius)
(Hemiptera: Aleyrodidae) BIÓTIPO B EM CULTIVO
PROTEGIDO DE TOMATE: DINÂMICA DOS FATORES DE
MORTALIDADE E POTENCIAL DE PREDUÇÃO DE
Amblyseius tamatavensis Blommers (Acari: Phytoseiidae)**

MSc. José Chamessanga Álvaro

Engenheiro Agrônomo

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONTROLE BIOLÓGICO DE *Bemisia tabaci* (Gennadius)
(Hemiptera: Aleyrodidae) BIÓTIPO B EM CULTIVO
PROTEGIDO DE TOMATE: DINÂMICA DOS FATORES DE
MORTALIDADE E POTENCIAL DE PREDUÇÃO DE
Amblyseius tamatavensis Blommers (Acari: Phytoseiidae)**

José Chamessanga Álvaro

Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes

Co-orientador: Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola)

2019

Álvaro, José Chamessanga
A473c **Controle biológico de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em cultivo protegido de tomate: dinâmica dos fatores de mortalidade e potencial de predação de *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae)/** José Chamessanga Álvaro. – – Jaboticabal, 2019

125 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2019

Orientador: Odair Aparecido Fernandes

Coorientador: Raphael de Campos Castilho

1. Eficiência de predação. 2. Preferência de predação. 3. Tabela de vida ecológica. I. Título

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor (a).

Essa ficha não pode ser modificada

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: CONTROLE BIOLÓGICO DE *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)
BIÓTIPO B EM CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATE: DINÂMICA DOS FATORES DE
MORTALIDADE E POTENCIAL DE PREDACÃO DE *Amblyseius tamatavensis*
Blommers (Acari: Phytoseiidae)

AUTOR: JOSÉ CHAMESSANGA ÁLVARO

ORIENTADOR: ODAIR APARECIDO FERNANDES

COORIENTADOR: RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Pós-doutoranda MARINA FERRAZ DE CAMARGO BARBOSA
Departamento de Entomologia e Acarologia / ESALQ/USP - Piracicaba/SP

Marina F. C. Barbosa

Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE
Departamento de Acarologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Profa. Dra. GRAZIELLE FURTADO MOREIRA
PROMIP Manejo Integrado de Pragas / Engenheiro Coelho/SP

Grazielle Furtado Moreira

Prof. Dr. GILBERTO JOSÉ DE MORAES
Departamento de Entomologia e Acarologia/ESALQ-USP / Piracicaba/SP

Gilberto José Moraes

Jaboticabal, 03 de dezembro de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOSÉ CHAMESSANGA ÁLVARO: nasceu em 11 de maio de 1981, no distrito de Gorongosa-Moçambique. É Engenheiro Agrônomo formado pela Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane-Moçambique, no período de 2001 a 2006. Trabalhou em 2007, como docente de nível 1 (DN1) na disciplina de Química, na Escola Secundária de Manjacaze-Gaza-Moçambique. Em janeiro de 2008, ingressou no Instituto Superior Politécnico de Gaza como Assistente Estagiário, lecionando os módulos de Proteção Vegetal I e II e mais tarde Manejo Integrado de Pragas I e II, onde em 2011, foi promovido para a categoria de Assistente Universitário. Em fevereiro de 2015, concluiu o curso de Mestrado em Educação em Ciências Agrárias, orientação em Proteção Vegetal, na Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane-Moçambique. Em março de 2016 ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

“Não temos controle sobre muitas coisas na vida.
Não escolhemos nossos pais, local ou as condições
de nosso nascimento e crescimento. Não podemos
selecionar nossos talentos e QI. Entretanto,
escolhemos nosso caráter.
Os educadores pegam algo
simples e complicam.
Os comunicadores
pegam algo
complicado e
simplificam”

John C. Maxwell

As minhas filhas: Gabrielle de Adelaide José Chamessanga Álvaro e
Adrielle de Adelaide José Chamessanga Álvaro.

À memória de minha irmã Anabela Álvaro
Chaibande e minha sobrinha Bília José
Vernijo Sopa, que Deus as acolha no seu
Reino e lhes dê a Paz no descanso eterno!

DEDICO

“A minha esposa Adelaide Samuel Boene e irmã Regina Mavô Álvaro”

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária-UNESP, Jaboticabal-SP, especialmente aos Professores e alunos do Programa de Pós-graduação Agronomia (Entomologia agrícola), pela oportunidade concedida, suporte moral e conhecimento para execução do presente trabalho.

Aos Professores Doutores Odair Aparecido Fernandes e Raphael de Campos Castilho, orientadores deste trabalho, pela ajuda e valiosas sugestões durante a condução e redação do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Gilberto José de Moraes e a Doutora Marcela da Silva Massaro (ESALQ/USP) pelo apoio incondicional e fornecimento das populações iniciais de ácaro predador e à Prof. Dra. Renate Krause-Sakate (UNESP-Botucatu) pela identificação do biótipo de mosca-branca.

Ao Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros, pelo auxílio na análise estatística, vai a minha gratidão.

À Fazenda São José, em especial ao Eng. Agr. Eduardo Garcia pela disponibilização de espaço para coleta de pólen de *Typha domingensis* Persoon (Typhaceae).

Aos meus pais que me trouxeram ao mundo, Chamessanga Álvaro Chaibande e Antónia Noriana Faniquisso, pelos ensinamentos, força e carinho, o meu Thakuta.

À minha esposa Adelaide Samuel Boene e filhas Adrielle e Gabrielle, pelas privações que passaram durante a minha formação, o meu kxanimambo.

Aos meus irmãos, Regina Mâvo Álvaro, Chindeia A. Chaibande, Cândido A. Chaibande (Dinho), Arlindo A. Chaibande, Lizete A. Chaibande; sobrinhos, Álvaro José Vernijo Sopa (Babay), Belucha, Nelson, Teresa (Tete), Mercílio (Júnior) e Enzo; aos meus netos José (Savio), Wesley e Gilda e ao meu primo António, pela paciência e compreensão durante a minha vida estudantil.

Expresso a minha gratidão aos funcionários da FEPE - Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FCAV, pelo auxílio prestado durante a condução dos experimentos; o meu muito obrigado.

Aos meus amigos e colegas do ApEcoLab, especialmente Victor Scanavez Martins e João Marcelo Venturin Filho, o meu forte abraço.

Ao Ministério de Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico Profissional – MCTESTP de Moçambique, pela concessão da bolsa (Financiamento do Banco Mundial) de estudo de doutorado.

À Direção Geral do Instituto Superior Politécnico de Gaza, pela liberação para a formação no nível de doutorado no Brasil.

Ao Prof. Dr. Carvalho Carlos Ecole, pelos ricos ensinamentos na vida acadêmica (graduação, mestrado e profissional) e que a terra lhe seja leve, o meu muito obrigado eterno professor, companheiro de pesquisa, pai e amigo.

Por último vai o meu agradecimento a todos aqueles que não estão aqui mencionados e que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este sonho se tornasse uma realidade.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	4
2.1. Complexo <i>Bemisia tabaci</i>	4
2.2. Ocorrência de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B	4
2.3. Aspectos biológicos e ecológicos de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B	5
2.4. Descrição morfológica de <i>Bemisia tabaci</i> biótipo B.....	6
2.5. Danos causados por <i>Bemisia tabaci</i>	7
2.6. Tabela de vida ecológica	8
2.7. Ácaros predadores da família Phytoseiidae (Acari: Phytoseiidae).....	9
3. Referências.....	10
CAPÍTULO 2 – Tricomas foliares afetam o forrageamento do ácaro predador <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Mesostigmata: Phytoseiidae).....	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT	20

1. Introdução	21
2. Material e métodos.....	22
2.1. Local	22
2.2. Plantas e criação do ácaro predador <i>Amblyseius tamatavensis</i>	22
2.3. Avaliação de tricomas foliares da face abaxial	23
2.4. Determinação de distâncias percorridas pelo ácaro predador	24
2.5. Análise de dados.....	25
3. Resultados	26
3.1. Caracterização e quantificação de tricomas foliares de espécies de plantas	26
3.2. Distâncias percorridas pelo ácaro predador em diferentes superfícies foliares	29
4. Discussão.....	30
5. Referências	32
 CAPÍTULO 3 – Resposta funcional e numérica e preferência do ácaro predador <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Mesostigmata: Phytoseiidae) em imaturos de <i>Bemisia tabaci</i> (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B	38
RESUMO.....	38
ABSTRACT	39
1. Introdução	40
2. Material e métodos.....	42
2.1. Plantas e criação da mosca-branca.....	42
2.2. Criação do ácaro predador <i>Amblyseius tamatavensis</i>	42

2.3. Preferência por estágio de presa	43
2.3.1. Sem chance de escolha.....	43
2.3.2. Com chance de escolha	45
2.4. Resposta funcional e numérica.....	45
2.5. Análise de dados	46
3. Resultados	47
3.1. Preferência por estágio de presa sem chance de escolha.....	47
3.2. Preferência por estágio de presa com chance de escolha.....	49
3.3. Resposta funcional.....	50
4. Discussão.....	56
5. Referências	60
CAPÍTULO 4 - Eficiência do ácaro predador <i>Amblyseius tamatavensis</i> no controle de <i>Bemisia tabaci</i>	
	66
RESUMO.....	66
ABSTRACT	67
1. Introdução	68
2. Material e métodos.....	69
2.1. Local	69
2.2. Plantas e práticas culturais	70
2.3. Mosca-branca	70
2.4. Ácaro predador	71
2.5. Desenho experimental	73

2.6.	Avaliação	73
2.7.	Análise estatística	74
3.	Resultados	74
3.1.	Condições ambientais.....	74
3.2.	Densidade populacional de ovos de <i>Bemisia tabaci</i>	75
3.3.	Densidade populacional de ninfas de <i>Bemisia tabaci</i>	77
3.4.	Densidade populacional de adultos de <i>Bemisia tabaci</i>	80
3.5.	Abundância absoluta de <i>Amblyseius tamatavensis</i>	82
3.6.	Eficiência de <i>Amblyseius tamatavensis</i> no controle de <i>Bemisia tabaci</i>	83
4.	Discussão.....	83
5.	Referências	86
CAPÍTULO 5 – Dinâmica dos fatores naturais de mortalidade de mosca-branca <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em cultivo protegido de tomateiro		
		90
RESUMO.....		
		90
ABSTRACT		
		91
1.	Introdução	92
2.	Material e métodos.....	93
2.1.	Local	93
2.2.	Plantas e práticas culturais	93
2.3.	Mosca-branca	93
2.4.	Ácaro predador	94

2.5.	Desenho experimental	94
2.6.	Estabelecimento das coortes de mosca-branca e liberação do ácaro predador	95
2.7.	Identificação e quantificação dos fatores naturais de mortalidade de imaturos de mosca-branca	96
2.8.	Análise estatística.....	97
3.	Resultados	101
3.1.	Fatores de mortalidade	101
3.2.	Tabela de vida multidecremental estágio-específico.....	101
3.3.	Contribuição das causas de morte e dos estágios imaturos de <i>Bemisia tabaci</i> na mortalidade	104
3.3.1.	Mortalidade marginal.....	104
3.3.2.	Fator K.....	106
3.3.3.	Mortalidade insubstituível	109
3.4.	Predação.....	111
3.4.1.	Contribuição de cada predador	111
3.4.2.	Número de mosca-branca mortos por predação em cada estágio.....	112
3.5.	Curvas de sobrevivência.....	113
4.	Discussão.....	115
5.	Referências	116
6.	APÉNDICE	122

CONTROLE BIOLÓGICO DE *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) BIÓTIPO B EM CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATE: DINÂMICA DOS FATORES DE MORTALIDADE E POTENCIAL DE PREDÇÃO DE *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae)

RESUMO – A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B é uma das principais pragas agrícolas no Brasil e no mundo. O objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial de predação de *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) em cultivo protegido de tomate, bem como a dinâmica dos fatores de mortalidade de mosca-branca. Para tanto, foram conduzidos experimentos em laboratório e estufa. Inicialmente foi avaliada a preferência de predação por ovos e ninfas de *B. tabaci*. Posteriormente foi determinada a resposta funcional e numérica de *A. tamatavensis* sobre imaturos de *B. tabaci*. Também foi avaliada a eficiência de *A. tamatavensis* no controle de *B. tabaci* sobre plantas de tomate. Por último, a dinâmica dos fatores naturais de mortalidade de mosca-branca foi comparada entre cultivos de tomate infestados com *B. tabaci* na presença ou ausência de *A. tamatavensis*. Os resultados mostram que *A. tamatavensis* tem preferência por estágios iniciais de *B. tabaci* (ovos, ninfas do primeiro e segundo instar). A resposta funcional é do tipo II e o ácaro alimentado com ovos de *B. tabaci* pode ovipositar 1,4 ovos/dia. A liberação de 26 ou 78 ácaros predador/m² logo após a infestação de mosca-branca apresentam o mesmo nível de controle. Com isso estão estabelecidas as bases para um programa de controle biológico da mosca-branca.

Palavras-chave: Eficiência de predação, preferência de predação, tabela de vida ecológica.

BIOLOGICAL CONTROL OF *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) BIOTYPE B IN PROTECTED TOMATO CULTIVATION: DYNAMICS OF MORTALITY FACTORS AND PREDATION POTENTIAL OF *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae)

ABSTRACT – The whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B is one of the main agricultural pests in Brazil and worldwide. The objective of this study was to evaluate the predation potential of *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) in protected tomato cultivation, as well as the dynamics of whitefly mortality factors. Experiments were carried out in laboratory and greenhouse. Initially, the predation preference for eggs and nymphs of *B. tabaci* was evaluated. Subsequently, the functional and numerical response of *A. tamatavensis* on immature *B. tabaci* was determined. The efficiency of *A. tamatavensis* to control *B. tabaci* on tomato plants was also evaluated. Finally, the dynamics of natural whitefly mortality factors were compared between *B. tabaci* infested tomato crops in the presence and absence of the predator *A. tamatavensis*. The results showed that *A. tamatavensis* has a preference for early stages of *B. tabaci* (eggs, first and second instar nymphs). The functional response is type II and the mite feeding upon *B. tabaci* eggs can oviposit 1.4 eggs/day. The release of 26 or 78 predatory mites/m² soon after whitefly infestation has the same level of control. This establishes the foundation for a whitefly biological control program.

Keywords: Predation efficiency, predation preference, ecological life table.

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 2 – Tricomas foliares afetam forrageamento do ácaro predador <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Mesostigmata: Phytoseiidae).....	19
Tabela 1: Densidade média (\pm EPM) de tricomas tectores e glandulares por 0,53 mm ² de superfícies foliares de espécies de plantas.....	26
Tabela 2: Distância média (\pm EPM) percorrida por <i>A. tamatavensis</i> em superfícies foliares de espécies de plantas.....	29
Tabela 3: Coeficientes de correlação (r) de Pearson entre os tipos de tricoma e a distância (cm) percorrida por <i>A. tamatavensis</i> após 1 e 5 min.....	30
CAPÍTULO 3 – Resposta funcional e numérica e preferência do ácaro predador <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Mesostigmata: Phytoseiidae) em imaturos de <i>Bemisia tabaci</i> (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B.....	38
Tabela 1 - Parâmetros estimados pela regressão logística entre a proporção de presas atacada pelo predador <i>A. tamatavensis</i> em função da densidade de ovos de <i>B. tabaci</i>	54
Tabela 2 - Estimativa (\pm EPM) de taxa de ataque e tempo de manipulação de <i>A. tamatavensis</i> consumindo ovos de <i>B. tabaci</i> em diferentes densidades durante 24 h.....	55
CAPÍTULO 4 - Eficiência do ácaro predador <i>A. tamatavensis</i> no controle de <i>B. tabaci</i>	67
Tabela 1: Temperatura e umidade relativa do ar, médias semanais, determinadas através dos registros no interior das gaiolas, após a infestação de <i>B. tabaci</i> e	

liberação do predador <i>A. tamatavensis</i> , nas duas épocas.....	74
Tabela 2: Eficiência (%) de <i>A. tamatavensis</i> no controle de adultos e imaturos de <i>Bemisia tabaci</i>	83
CAPÍTULO 5 – Dinâmica dos fatores naturais de mortalidade de mosca-branca <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em cultivo protegido de tomateiro.....	
	92
Tabela 1: Matriz para estimativa de taxa de mortalidade marginal de <i>B. tabaci</i>	99
Tabela 2: Comparação de frações de mortalidade (adx) dos fatores de mortalidade de ovos e ninfas de <i>B. tabaci</i> em função da ausência e presença de <i>A. tamatavensis</i>	101
Tabela 3: Comparação de frações de mortalidade (adx) dos estágios de ovos e ninfas de <i>B. tabaci</i> em função da ausência e presença de <i>A. tamatavensis</i>	102
Tabela 4: Tabela de vida multidecremental estágio-específico média para ovos e ninfas de <i>B. tabaci</i> obtida a partir de quatro coortes com a liberação do ácaro predador <i>A. tamatavensis</i>	103
Tabela 5: Tabela de vida multidecremental estágio-específico média dos estágios de ovos e ninfas de <i>B. tabaci</i> obtida a partir de quatro coortes na ausência do ácaro predador <i>A. tamatavensis</i>	103
Tabela 6: Taxas de mortalidade marginal dos fatores de mortalidade de ovos e ninfas de <i>B. tabaci</i> em função da liberação de <i>A. tamatavensis</i>	104
Tabela 7: Comparação de taxas de mortalidade insubstituível dos fatores de mortalidade de ovos e ninfas de <i>B. tabaci</i> em função da liberação de <i>A. tamatavensis</i>	109

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 2 – Tricomas foliares afetam forrageamento do ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* (Mesostigmata: Phytoseiidae).....19

Figura 1: Folha de tomate utilizada como unidade experimental no bioensaio..... 25

Figura 2: Elétron-micrografias de varredura de superfícies foliares de espécies de plantas.....28

CAPÍTULO 3 – Resposta funcional e numérica e preferência do ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* (Mesostigmata: Phytoseiidae) em imaturos de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B.....38

Figura 1: Gaiolas contendo plantas infestadas para obtenção de imaturos de idades e estágios/estádios conhecidos.44

Figura 2: Preferência de fêmea de *A. tamatavensis* por imaturos de *B. tabaci* em 24 h em teste sem chance de escolha.....48

Figura 3. Índice de preferência de Manly (+EPM) para *A. tamatavensis* quando oferecido imaturos de *B. tabaci* utilizados como presa em teste com chance de escolha.....50

Figura 4. Resposta funcional do ácaro predador *A. tamatavensis* de diferentes idades sobre ovos de mosca-branca *B. tabaci*.....51

Figura 5. Proporção de ovos de *B. tabaci* consumidos pelo predador *A. tamatavensis* de diferentes idades.....52

Figura 6: Oviposição média (\pm EPM) diária de fêmeas de *A. tamatavensis* em função

da densidade de ovos de <i>B. tabaci</i> oferecidos.....	56
CAPÍTULO 4 - Eficiência do ácaro predador <i>A. tamatavensis</i> no controle de <i>B. tabaci</i>	
	67
Figura 1: Plantas de tomateiro indicando plantas com liberação do ácaro predador <i>A. tamatavensis</i>	72
Figura 2: Folíolo do terço médio do tomateiro contendo Pólen de <i>T. domingensis</i>	72
Figura 3: Número médio de ovos de <i>B. tabaci</i> por folíolo de tomateiro em diferentes dias após infestação (DAI) de populações de <i>B. tabaci</i> em gaiolas.....	76
Figura 4: Número médio de ninfas de <i>B. tabaci</i> por folíolo de tomateiro em diferentes dias após infestação (DAI) de <i>B. tabaci</i> em gaiolas.....	78
Figura 5: Número médio de adultos de <i>B. tabaci</i> por folíolo de tomateiro em diferentes dias após infestação (DAI) de populações de <i>B. tabaci</i> em gaiolas.....	81
Figura 6: Número de ácaros predadores <i>A. tamatavensis</i> presentes por tratamentos encontrados durante as avaliações nas duas épocas.....	82
CAPÍTULO 5 – Dinâmica dos fatores naturais de mortalidade de mosca-branca <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em cultivo protegido de tomateiro.....	
	92
Figura 1: Taxas de mortalidade marginal de <i>B. tabaci</i>	105
Figura 2: Fatores chaves de mortalidade de coortes de <i>B. tabaci</i> em tomateiro...	107
Figura 3: Estágios chaves de mortalidade de coortes de <i>B. tabaci</i> em tomateiro..	108

Figura 4: Porcentagem de mortalidade insubstituível de fatores de mortalidade...	110
Figura 5: Número de imaturos de <i>B. tabaci</i> mortos por cada predador na presença do ácaro predador <i>A. tamatavensis</i>	111
Figura 6: Número de imaturos de <i>B. tabaci</i> mortos por cada predador na ausência do ácaro predador <i>A. tamatavensis</i>	112
Figura 7: Número de imaturos de <i>B. tabaci</i> mortos em cada estágio na presença do ácaro predador <i>A. tamatavensis</i>	113
Figura 8: Curvas de sobrevivência de quatro cortes.....	114

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. Introdução

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B é uma praga de grande importância mundial em diversas culturas agrícolas e ornamentais (ESASHIKA et al., 2016a). Este biótipo é um dos mais invasivos e está amplamente distribuído pelo mundo, sendo que o Brasil não é exceção (BARBOSA et al., 2015).

A principal estratégia de controle desta praga envolve a aplicação de inseticidas. Todavia, o controle químico de mosca-branca apresenta limitações, pois pode causar a mortalidade de inimigos naturais, além de favorecer a evolução de resistência dessa espécie às substâncias ativas utilizadas no seu controle (ALFRED, 2004; MA et al., 2010), causando ressurgência da praga. Esses pontos negativos demandam a utilização de estratégias de manejo em que o controle biológico pode ser um componente de grande importância (CAMPBELL; STEPHEN-CAMPBELL; GILL, 1995).

Diversos inimigos naturais têm sido avaliados no controle da mosca-branca. Dentre os microrganismos entomopatogênicos utilizados no controle desta praga no mundo, as espécies de fungos *Beauveria bassiana* (Balsamo) e *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) são as que mais se destacam pela maior quantidade de produtos comerciais formulados (TIAN et al., 2015). Parasitoides do gênero *Encarsia* têm sido relatados como inimigos naturais de *B. tabaci* e *Trialeurodes vaporariorum* Westwood. Além destes, também já foram identificadas 14 espécies predadoras que incluem insetos das famílias Coccinelidae, Syrphidae e Chrysopidae (OLIVEIRA et al., 2003). Dentre os ácaros predadores, *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae), introduzido no Brasil em condições controladas, demonstrou potencial de controle, conforme relatado por Cavalcante et al. (2015a). Todavia, outras espécies nativas, tais como *Amblyseius herbicolus* (Chant), *Amblyseius tamatavensis* Blommers e *Neoseiulus tunus* (De Leon) (Acari: Phytoseiidae) foram estudadas para esse fim (CAVALCANTE et al., 2015b, 2017) e precisam ser melhor avaliadas. Dessas espécies, o ácaro predador *A. tamatavensis* alimentado com ovos

de *B. tabaci* biótipo B merece destaque, devido à alta taxa reprodutiva, comparativamente aos usados comercialmente (CAVALCANTE et al., 2015b, 2017).

Estudos relacionados com tabelas de vida e dinâmica populacional no manejo integrado de pragas são fundamentais para o desenvolvimento de táticas de controle (HIGLEY; PEDIGO; OSTLIE, 1986). Apesar da sua importância, informações sobre os fatores naturais de mortalidade de *B. tabaci* biótipo B ainda são escassas, principalmente em condições tropicais. Estudos qualitativos e quantitativos de mortalidade de *B. tabaci* biótipo B em condições de campo já foram desenvolvidos em outros países, na cultura de mandioca (ASIIMWE et al., 2007) e algodão (HOROWITZ; PODOLER; GERLING, 1984; NARANJO; ELLSWORTH, 2005; KARUT; NARANJO, 2009; ASIIMWE; ELLSWORTH; NARANJO, 2016). No Brasil, alguns estudos foram realizados em condições de campo, com destaque para as culturas de soja (ALBERGARIA; CIVIDANES; DÓRIA, 2003), quiabo (LEITE et al., 2005), feijão (SILVA et al., 2014), tomate (TOGNI, 2009; TOGNI et al., 2019) e de cultivo protegido em tomate (ALONSO, 2012). Nestes estudos, os ácaros predadores não representaram fator natural chave de mortalidade. Gerling; Alomar; Arnó (2001) ressaltaram que no caso da mosca-branca pode haver a necessidade de incremento de mortalidade dos estádios de mosca-branca por meio da introdução de fatores de mortalidade adicionais.

Amblyseius. tamatavensis mostrou ser um promissor agente de controle biológico de mosca-branca de plantas jovens de pimentão (CAVALCANTE et al., 2017). Neste sentido, as espécies nativas de ácaros predadores precisam ser estudadas para o mesmo fim em tomateiro (plantas pubescentes). Portanto, buscou-se com este trabalho determinar a capacidade de predação de *A. tamatavensis* e avaliar a dinâmica dos fatores de mortalidade de mosca-branca *B. tabaci* biótipo B em cultivo protegido de tomate. Pretende-se ampliar as possibilidades de utilização de agentes de controle biológico para a mosca-branca e, desta forma, amenizar os problemas oriundos do controle químico adotados quase que exclusivamente para o controle da praga em tomateiro.

As questões de estudos respondidas foram: (i) quais os fatores naturais de mortalidade?; (ii) qual(is) estágio(s) de desenvolvimento apresenta(m) maior mortalidade?; (iii) quais os fatores chaves de mortalidade?; (iv) qual a probabilidade

de morte dos imaturos de *B. tabaci* na ausência do fator chave de mortalidade?; (v) qual a eficiência de *A. tamatavensis* como agente de controle biológico em tomateiro? Qual o número adequado de *A. tamatavensis* para o controle da *B. tabaci* biótipo B e (vi) qual a frequência de liberação mais adequada para que *A. tamatavensis* exerça melhor controle de *B. tabaci*?

2. Revisão de literatura

2.1. Complexo *Bemisia tabaci*

A mosca-branca (*Bemisia tabaci*) é um hemíptero da família Aleyrodidae que inclui a espécie *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B, anteriormente conhecida como *Bemisia argentifolii* (BELLOWS et al., 1994) ou como “Middle East-Asia Minor 1” (MEAM1) (NARANJO et al., 2010), amplamente distribuída pelo mundo. É sinônimo de *Aleurodes tabaci* Gennadius descrita pela primeira vez, na Grécia, em 1889, atacando plantas de fumo (*Nicotiana* sp.) (RUSSEL, 1957). Os indivíduos de *B. tabaci*, e que muitas vezes têm sido classificados como sendo outra espécie do mesmo gênero, constituem na realidade um complexo de organismos; daí a relevância dos termos biótipos, espécies irmãs, e espécies complexas, comumente utilizado na literatura e sob consideração (BROWN; BIRD, 1992; INOUE-NAGATA; LIMA; GILBERTSON, 2016). Dos mais de 41 biótipos da espécie de mosca-branca *B. tabaci* descritas (BARRO et al., 2005), o biótipo B tem representado um dos principais agentes responsáveis por elevados prejuízos econômicos (DINSDALE et al., 2010).

2.2. Ocorrência de *Bemisia tabaci* biótipo B

Os biótipos B e Q de *B. tabaci* são as mais invasivos e estão amplamente distribuídos pelo mundo e o Brasil não é exceção (BARBOSA et al., 2015). O biótipo Q foi relatado pela primeira vez no Brasil em 2015 (BARBOSA et al., 2015). Há relatos ainda de presença no Brasil do biótipo nativo brasileiro (BR) (RABELLO et al., 2008), assim como a ocorrência em diferentes localidades das espécies indígenas, New World 1 (NW1) e New World 2 (NW2) (BARBOSA et al., 2015).

O biótipo B de *B. tabaci* foi relatado pela primeira vez no continente americano na década de 1980 e acredita-se que a sua introdução ocorreu através da importação de plantas ornamentais (BROWN; FROHLICH; ROSELL, 1995). Este biótipo encontra-se amplamente distribuído em todo mundo infestando plantas ornamentais, daninhas e cultivadas, sendo provavelmente originária do Oriente. Essa praga foi introduzida na Europa, Bacia do Mediterrâneo, Ásia, África, América do norte, América Central (Costa Rica, Nicarágua, Panamá, Guatemala, República

Dominicana, Cuba, Honduras e El Salvador), América do Sul (Brasil, Argentina, Colômbia e Venezuela) e Bacia do Caribe (BROWN; FROHLICH; ROSELL, 1995).

No Brasil, a mosca-branca *B. tabaci* biótipo B foi introduzida no início dos anos 1990 (YUKI et al., 1998) e encontra-se disseminada desde o Paraná até o Rio Grande do Norte, atacando grande número de plantas cultivadas (VILLAS BÔAS et al., 1997). Moraes et al. (2017) relataram que biótipo B de *B. tabaci*, além de se encontrar completamente disseminado no Brasil, está associado a diversas plantas hospedeiras. Para Villas Bôas e Castelo Branco (2009), Amazonas é o único estado brasileiro onde o inseto ainda não tinha sido encontrado.

2.3. Aspectos biológicos e ecológicos de *Bemisia tabaci* biótipo B

A fêmea de *B. tabaci* biótipo B apresenta alta capacidade reprodutiva, oviposita cerca de 300 ovos e em condições favoráveis pode ter de 11 a 15 gerações por ano (BROWN; BIRD, 1992; SILVA; CARVALHO; ALVARENGA, 2013). O ciclo biológico dura, em média, 15 dias, compreendendo as fases de ovo, quatro estádios ninfais, sendo o último também chamado de “pupa” ou pseudo-pupa, e adulto, ou seja, desenvolvimento do tipo hemimetabolía (VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2009). A reprodução pode ser sexuada ou por partenogênese arrenótoca, em que ovos fertilizados originam prole de fêmeas e machos e os não fertilizados originam machos, respectivamente (BYRNE; BELLOWS JUNIOR, 1991; VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2009).

A oviposição é preferencialmente realizada na face abaxial das folhas da região superior das plantas e os ovos são fixados na folha por meio de um curto pedúnculo. O estágio de ovo pode durar de 3 a 6 dias. Em virtude do desenvolvimento das plantas, as ninfas de 1^o e 2^o instar são normalmente encontradas na região mediana enquanto as de 3^o e 4^o instares na parte inferior das plantas (GERLING; MOTRO; HOROWITZ, 1980; SILVA; CARVALHO; ALVARENGA, 2013).

As ninfas do primeiro instar (logo no início do seu desenvolvimento) têm pernas, que permite a movimentação para outros locais da planta que facilitem a introdução do estilete e o início do processo de sucção da seiva, favorável para o seu desenvolvimento (SUMMERS; NEWTON; ESTRADA, 1996). A diferença entre

ninfas do primeiro instar móveis dos imóveis, é que essas últimas não tem pernas, são mais bidimensionais, planas e esticadas. As ninfas recém emergidas são muito planas e translúcidas e as ninfas prontas para mudança de instar são mais volumosas e opacas (NARANJO; ELLSWORTH, 2017). No final do quarto estágio (também chamado de “pupa”), quando o adulto está prestes a emergir, os olhos vermelhos tornam-se bem visíveis (VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2009). Este estágio, ainda se alimenta e não pode ser chamada de pupa (BYRNE; BELLOWS JUNIOR, 1991).

A longevidade de *B. tabaci* biótipo B depende da alimentação e da temperatura (VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2009). As fêmeas vivem 62 dias, em média, podendo variar de 38 a 74 dias, enquanto os machos têm vida mais curta, de 9 a 17 dias (VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2009).

2.4. Descrição morfológica de *Bemisia tabaci* biótipo B

A taxonomia dos aleirodídeos baseia-se na morfologia do quarto instar da ninfa (CHAPMAN, 1998). Outros caracteres taxonômicos utilizados para táxons como espécies e gêneros incluem a forma do corpo, lígula, cerdas, o opérculo, papilas, poros e orifício vasiforme (ROSELL et al., 1997). O orifício vasiforme está presente nas fases de ninfa e nos adultos. É uma estrutura exclusiva dos aleirodídeos, na qual está localizado o ânus, a lígula, que ejeta a excreta denominada “honeydew” e o opérculo, que cobre parcial ou totalmente o próprio orifício vasiforme (ROSELL et al., 1997).

Os ovos são de cor amarela e apresentam formato de pêra (elíptico assimétrico) e o pedicelo (pequena haste) é subapical curto e preso ao tecido da planta (LIMA; LARA; SANTOS, 2001; VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2009). Logo após a eclosão, as ninfas são translúcidas e com o corpo de formato ovalado. A sua coloração é variável do amarelo ao amarelo pálido (SUMMERS; NEWTON; ESTRADA, 1996). As ninfas do quarto instar são de coloração amarelada, olhos vermelhos, inicialmente são achatadas, contorno suboval e apêndices atrofiados e posteriormente tornam-se convexas (LIMA; LARA; DOS SANTOS, 2001).

Os adultos são opistognatos, apresentam antenas do tipo filiforme curta e medem aproximadamente 1 mm de comprimento. São de coloração amarelo pálido no dorso (LIMA; LARA; DOS SANTOS, 2001; VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2009; ALVARENGA; COELHO, 2013). Apresentam dois pares de asas membranosas usualmente cobertas uniformemente com uma pulverulência branca, devido a um revestimento de cera, que deixa o inseto com uma aparência de mosca, apresentam textura semelhante, com nervação visivelmente reduzida, sem estrutura de acoplamento, o que determina que quando em repouso, sejam mantidas levemente separadas e formam uma espécie de teto sobre o abdome, com os lados paralelos, deixando o abdome visível (LIMA; LARA; DOS SANTOS, 2001; VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2009; ALVARENGA; COELHO, 2013). O aparelho bucal é do tipo sugador labial tetraqueta, com rostro dividido em 4 segmentos, estando o segundo retraído dentro do primeiro (LIMA; LARA; DOS SANTOS, 2001).

A genitália é basicamente o que diferencia o macho da fêmea, embora o macho seja, em geral, menor do que a fêmea (LIMA; LARA; DOS SANTOS, 2001).

2.5. Danos causados por *Bemisia tabaci*

A mosca-branca é uma praga de grande importância em diversas culturas agrícolas e ornamentais no mundo todo (ESASHIKA et al., 2016a). Os danos causados pela mosca-branca podem ser divididos em diretos e indiretos.

Os danos diretos ocorrem quando o inseto suga a seiva das plantas, com a introdução do estilete no tecido vegetal, provocando alterações no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta, debilitando-a e reduzindo a produtividade e qualidade dos frutos. Além disso, a secreção açucarada, liberada no limbo foliar durante a alimentação do inseto, serve como substrato para o crescimento de um fungo do gênero *Capnodium*, cujas hifas escuras recobrem os órgãos atacados e causam redução da capacidade fotossintética da planta (HAJI; FERREIRA; MOREIRA, 2004). Este sintoma é denominado de fumagina.

Os danos indiretos se referem à transmissão de viroses no momento em que a mosca-branca insere o seu aparelho bucal no interior dos tecidos vegetais para sucção da seiva. Nesta oportunidade pode ocorrer a injeção de partículas virais, em especial, de vírus do grupo geminivírus, o qual a mosca-branca é especializada na

transmissão (FRANÇA; VILLAS BÔAS; CASTELO BRANCO, 2000). Segundo Giordano et al. (2005), o biótipo B de *B. tabaci* é capaz de transmitir um complexo de pelo menos 16 begomovírus que afetam negativamente o crescimento da planta reduzindo o número de frutos por plantas ocasionando a redução de até 60% da produção do tomateiro. O begomovírus *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) é predominante no Brasil (BARBOSA et al., 2011), transmitido de forma persistente-circulativa (MALUTA et al., 2019).

2.6. Tabela de vida ecológica

Tabelas de vida ecológicas são uma ferramenta útil para a compreensão dos fatores que regem a dinâmica das populações no campo, a importância relativa dos diferentes fatores de mortalidade de insetos e o papel de forças “bottom-up” (planta) e “top-down” (inimigos naturais) na regulação populações de insetos (NARANJO; ELLSWORTH, 2017). Elas podem auxiliar na previsão da ocorrência de pragas e inimigos naturais e indicar as suas distribuições e abundância potencial, além de explicarem interações ecológicas entre eles, assim como de fatores abióticos, bem como a simulação da biologia dos insetos (ALBERGARIA; CIVIDANES; DÓRIA, 2003), garantindo a implementação de medidas de controle adequadas.

Informação sobre ecologia e dinâmica populacional de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro são escassas na literatura (ALBERGARIA; CIVIDANES; DÓRIA, 2003; TOGNI et al., 2019), principalmente em cultivo protegido. Estudos qualitativos e quantitativos de mortalidade de *B. tabaci* biótipo B em condições de campo já foram desenvolvidos na cultura de mandioca (ASIIMWE et al., 2007), algodão (HOROWITZ; PODOLER; GERLING, 1984; NARANJO; ELLSWORTH, 2005; KARUT; NARANJO, 2009; ASIIMWE; ELLSWORTH; NARANJO, 2016), soja (ALBERGARIA; CIVIDANES; DÓRIA, 2003), quiabo (LEITE et al., 2005), tomate (TOGNI, 2009; TOGNI et al., 2019), feijão (SILVA et al., 2014) e em cultivo protegido em tomate (ALONSO, 2012). Neste último, foi constatada a predação como fator mais importante de mortalidade, sendo que ácaros pertencentes à família Phytoseiidae (*Euseius*) predou *B. tabaci* e a mortalidade na fase de ovo e no quarto instar foram estádios chaves de mortalidade. A natureza sésil dos imaturos de *B. tabaci* biótipo B os torna ideais para a utilização de métodos de tabela de vida,

devido a facilidade de identificação das fases de vida, seguimento dos indivíduos ao longo do tempo, e a marca típica deixada pelos inimigos naturais em suas atividades permanentes (ASIIMWE; ELLSWORTH; NARANJO, 2016).

2.7. Ácaros predadores da família Phytoseiidae (Acari: Phytoseiidae)

Os ácaros predadores da família dos fitoseídeos são eficientes agentes de controlo biológico de ácaros e insetos tais como tripes e mosca-branca (SABELIS; VAN RIJN, 2002; GERSON; WEINTRAUB, 2012; MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013). Os ácaros fitoseídeos *Amblyseius swirkii* Athias-Henriot, *Euseius gallicus* Kreiter & Tixier e *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (NOMIKOU; JANSSEN; SABELIS, 2003a; HOOGERBRUGGE et al., 2005; GERSON; WEINTRAUB, 2012; KNAPP et al., 2013) são ácaros predadores generalistas utilizados comercialmente para o controle biológico de *B. tabaci* e em programas de manejo integrado de pragas na Europa e América do Norte. Devido à escassez de estudos para o controle biológico de mosca-branca *B. tabaci* utilizando ácaros predadores no Brasil, a primeira tentativa de se determinar espécies promissoras de ácaros predadores para o controle de *B. tabaci* biótipo B, usando populações de espécies comercialmente utilizados no exterior *Amblyseius swirkii* Athias-Henriot foi realizada por Cavalcante et al. (2015a). Esse ácaro foi mantido em condições controladas devido aos riscos associados aos organismos nativos não alvo (CAVALCANTE et al., 2015a; BARBOSA et al., 2017). Cavalcante et al. (2015a) estudaram, ainda, espécies já relatadas no país, tais como *A. limonicus*, *Amblyseius herbicolus* Chant, *Amblyseius largoensis* Muma, *Amblyseius tamatavensis* Blommers e *Neoseiulus tunus* De Leon, sendo que a maioria ainda não havia sido avaliada para o controle de *B. tabaci*.

O ácaro predador *A. tamatavensis* apresentou alta taxa reprodutiva comparativamente a outras espécies estudadas, com uma taxa de oviposição variando de 1,0 a 1,4 ovos por fêmea por dia, fecundidade total de 14,5 ovos por fêmea, duração total dos estágios imaturos de 5,1 dias, sendo que a duração de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa de 1,4; 1,0; 1,6 e 1,1, respectivamente. A longevidade das fêmeas é de 14,6 dias. Ainda, a espécie *A. tamatavensis* preda, em média, 8,0 ovos de *B. tabaci* biótipo B por dia (CAVALCANTE et al., 2015b, 2017).

O ácaro predador *A. tamatavensis*, quando testado em plantas jovens de pimentão (plantas glabras) ocasionou a redução de 60 a 80% nas densidades da praga, afigurando-se como promissor agente de controle biológico de *B. tabaci* biótipo B (CAVALCANTE et al., 2017). Barbosa, Poletti e Poletti (2019) no estudo que visava avaliar a resposta funcional de *A. tamatavensis* em substratos foliares de cinco plantas hospedeira (Melão *Cucumis melo* L., Cucurbitaceae; Algodão *Gossypium hirsutum*, Malvaceae; Feijão, *Phaseolus vulgaris* L., Leguminosae; Batata, *Solanum tuberosum* L., Solanaceae e Tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.; Solanaceae) com diferentes texturas foliares, constataram que o ácaro predador apresentou resposta funcional do Tipo II e o menor consumo de ovos foi observado no melão e tomate. E ainda, segundo os mesmos autores, a melhor eficiência do predador no controle de *B. tabaci* em tomateiro e meloeiro poderá ser obtido com a realização de estudos complementares de determinação de quantidades adequadas e métodos de liberação do predador apropriados.

Os resultados promissores obtidos com a utilização de *A. tamatavensis* associam-se ao eficiente procedimento da sua potencial produção comercial utilizando como fonte de alimento o ácaro Astigmatina *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes proposto por Massaro, Martin e Moraes (2016). Embora existam muitos exemplos na literatura de testes conduzidos com fitoseídeos em laboratório fornecendo uma indicação potencial da população do agente de controle em causa para a seleção das espécies promissoras, apenas as experiências no campo onde a praga está presente poderão assegurar a capacidade de controle de uma determinada espécie (MORAES; BELLINI; POLETTI, 2009).

3. Referências

ALBERGARIA, N. M. M. S.; CIVIDANES, F. J.; DÓRIA, H. O. S. Tabela de vida ecológica de *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 4, p. 559–563, 2003.

ALFRED, L. Safety of a novel insecticide, sucrose octanoate, to beneficial insect's citrus. **Florida Entomologist**. v. 87, n. 1, p. 6–9, 2004.

ALONSO, J. D. S. *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) em cultivo protegido de tomate: dinâmica dos fatores de mortalidade e aspectos comportamentais de *Nephaspis torresi* González (Coleoptera: Coccinelidae). 2012. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S. Sistema de produção. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. p. 203–244.

ASIIMWE, P.; ECAAT, J. S.; OTIM, M.; GERLING, D.; KYAMANYWA, S.; LEGG, J. P. Life-table analysis of mortality factors affecting populations of *Bemisia tabaci* on cassava in Uganda. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 122, n. 1, p. 37–44, 2007.

ASIIMWE, P.; ELLSWORTH, P. C.; NARANJO, S. E. Natural enemy impacts on *Bemisia tabaci* (MEAM1) dominate plant quality effects in the cotton system. **Ecological Entomology**, v. 41, n. 5, p. 642–652, 2016.

BARBOSA, J. C.; BARRETO, S. S.; INOQUE-NAGATA, A. K.; RESENDE, J. A. M. Characterization and experimental host range of a Brazilian tomato isolate of *Tomato severe rugose virus*. **Phytopathol**, v. 646, p. 644–646, 2011.

BARBOSA, L. F.; YUKI, V. A.; MARUBAYASHI, J. M.; MARCHI, B. R.; PERINI, F. L.; PAVAN, M. A.; BARROS, D. R.; GHANIM, M.; MORIONES, E.; NAVAS-CASTILLO, J.; KRAUSE-SAKATE, R. First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 501–504, 2015.

BARBOSA, M. F. C.; POLETTI, M.; POLETTI, E. C. Functional response of *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Mesostigmata: Phytoseiidae) to eggs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on five host plants. **Biological Control**, v. 138, n. 104030, p. 1–5, 2019.

BARBOSA, M. F. C.; DEMITE, P. R.; MORAES, G. J.; POLETTI, M. **Controle biológico com ácaros predadores e seu papel no manejo integrado de pragas.** Engenheiro Coelho-SP: PROMIP. 2017, p. 1-70.

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

BELLOWS, T. S.; PERRING, T. M.; GILL, R. J.; HEADRICK, D. H. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 87, n. 2, p. 195–206, 1994.

BROWN, J. K.; BIRD, J. Whitefly: transmitted geminivirus and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. **Plant Disease**, v. 76, n. 3, p. 220–225, 1992.

BROWN, J. K.; FROHLICH, D. R.; ROSELL, R. C. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? **Annual Review of Entomology**, v. 40, n. 1, p. 511–534, 1995.

BYRNE, D. N.; BELLOWS JUNIOR, T. Whitefly biology. **Annual Review of Entomology**, v. 36, n. 81, p. 431–457, 1991.

CAMPBELL, B. C.; STEPHEN-CAMPBELL, J. D.; GILL, R. Origin and radiation of whiteflies: an initial molecular phylogenetics assessment. In: GERLING, D.; MAYER, R. T. (Eds.). **Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management**. 1. ed. UK: Intercept, 1995. p. 29–52.

CAVALCANTE, A. C. C.; BORGES, L. R.; LOURENÇÃO, A. L.; MORAES, G. J. Potential of two populations of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) for the control of *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **Experimental**

and Applied Acarology, v. 67, n. 4, p. 523–533, 2015a.

CAVALCANTE, A. C. C.; MANDRO, M. E. A.; PAES, E. R.; MORAES, G. J. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 43, n. 1, p. 10–15, 2017.

CAVALCANTE, A. C. C.; SANTOS, V. L. V.; ROSSI, L. C.; MORAES, G. J. Potential of five Brazilian populations of Phytoseiidae (Acari) for the biological control of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Journal of Economic Entomology**. v. 108, n. 1, p. 29–33, 2015b.

CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998, 770 p.

DINSDALE, A. A.; COOK, L.; RIGINOS, C.; BUCKLEY, Y. M.; BARRO, P. Refined global analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodoidea: Aleyrodidae) mitochondrial cytochrome oxidase 1 to identify species level genetic boundaries. **Systematics**, v. 103, n. 2, p. 196–208, 2010.

ESASHIKA, D. A. S.; MICHEREFF-FILHO, M.; BASTOS, C. S.; INOUE-NAGATA, A. K.; DIAS, A. M.; RIBEIRO, M. G. P. M. Suscetibilidade de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B a inseticidas. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 189–195, 2016.

FRANÇA, F. H.; VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. M. Manejo integrado de pragas. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Eds.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília. p. 37–59.

GERLING, D.; ALOMAR, O.; ARNÓ, J. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. **Crop Protection**, v. 20, p. 779–799, 2001.

GERLING, D.; MOTRO, U.; HOROWITZ, R. Dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) attacking cotton in the coastal plain of Israel. **Bulletin of Entomological Research**, v. 70, n. 2, p. 213–219, 1980.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P. G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. **Annual Review of Entomology**, v. 57, n. 1, p. 205–227, 2012.

GIORDANO, L. B.; SANTANA, F. M.; FONSECA, M. E. N.; BOITEUX, L. S. Inheritance of resistance to the bipartite Tomato chlorotic mottle begomovirus derived from *Lycopersicon esculentum* cv. 'Tyking'. **Springer**, v. 143, p. 27–33, 2005.

HAJI, F. N. P.; FERREIRA, R. C. F.; MOREIRA, A. N. Descrição morfológica, aspectos biológicos, danos e importância econômica. In: HAJI, F. N. P.; BLEICHER, E. (Eds.). **Avanços no manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2004. p. 21–30.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P.; OSTLIE, K. R. Degday: A program for calculating degree-days, and assumptions behind the degree-day approach. **Environmental Entomology**, v. 15, n. 5, p. 999–1016, 1986.

HOOGERBRUGGE, H.; CALVO, J.; VAN HOUTEN, Y.; BELDA, J. E.; BOLCKMANS, K. Biological control of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* with the predatory mite *Amblyseius swirskii* in sweet pepper crops. **International Organization for Biological and Integrated Control**, v. 28, p. 119–122, 2005.

HOROWITZ, A. R.; PODOLER, H.; GERLING, D. Life table analysis of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* in cotton fields in Israel. **Acta ecologia**, v. 5, p. 221–233, 1984.

INOUE-NAGATA, A. K.; LIMA, M. F.; GILBERTSON, R. L. Invited article crops in Brazil: current status and approaches for management. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 8–18, 2016.

KARUT, K.; NARANJO, S. E. Mortality factors affecting *Bemisia tabaci* populations on cotton in Turkey. **Journal of Applied Entomology**, v. 133, n. 1986, p. 367–374, 2009.

KNAPP, M.; VAN HOUTEN, Y.; HOOGERBRUGGE, H.; BOLCKMANS, K. *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent: Literature review and new Findings. **Acarologia**, v. 53, n. 2, p. 191–202, 2013.

LEITE, G. L. D.; PICANÇO, M.; JHAM, G. N.; MOREIRA, M. D. Whitefly population dynamics in okra plantations. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 19–25, 2005.

LIMA, A. C. S.; LARA, F. M.; SANTOS, E. J. M. Morfologia da mosca - branca, *Bemisia tabaci* biótipo " B " (Hemiptera: Aleyrodidae), encontrada em Jaboticabal, SP, com base em eletron-micrografias de varredura. **Boletim de Sanidade Vegetal. Plagas**, v. 27, p. 315–322, 2001.

MA, W.; LI, X.; DENNEHY, T. J.; LEI, C.; WANG, M.; DEGAIN, B. A.; NICHOLS, R. L. Pyriproxyfen Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) Biotype B: Metabolic Mechanism. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 1, p. 158–165, 2010.

MALUTA, N.; FERERES, A.; ROBERTO, J.; LOPES, S. Plant - mediated indirect effects of two viruses with different transmission modes on *Bemisia tabaci* feeding behavior and fitness. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 2, p. 405–416, 2019.

MASSARO, M.; MARTIN, J. P. I.; MORAES, G. J. Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 70, n. 4, p. 411–420, 2016.

MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control

strategies. **Systematic & Applied Acarology Society**, v. 18, n. 4, p. 297–320, 2013.

MORAES, G. J.; BELLINI, M. R.; POLETTI, M. Qualidade de ácaros predadores fitoseídeos para uso em controle biológico. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: Produção massal e controle de qualidade**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2009. p. 297–310.

MORAES, L. A.; MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; GHANIM, M.; BELLO, V. H.; MARCHI, B. R.; BARBOSA, L. F.; BOYKIN, L. M.; KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M. A. New invasion of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in Brazil associated to ornamental plants. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 517–525, 2017.

NARANJO, S. E.; CASTLE, S. J.; BARRO, P. J.; LIU, S.-S. Population dynamics, demography, dispersal and spread of *Bemisia tabaci*. In: PEST, B. B. and M. of a G.; STANSLY, P. A.; NARANJO, S. E.; BROWN, J. K.; HOROWITZ, A. R.; LEGG, J. P.; POLSTON, J. E.; GERLING, D.; LAPIDOT, M. (Eds.). **Bemisia: Bionomics and management of a global pest**. 1. ed. Netherlands: Springer: Dordrecht, 2010. p. 185–232.

NARANJO, S. E.; ELLSWORTH, P. C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 116, p. 93–108, 2005.

NARANJO, S. E.; ELLSWORTH, P. C. Methodology for developing life tables for sessile insects in the field using the whitefly, *Bemisia tabaci*, in cotton as a model system. **Journal of Visualized Experiments**, v. 2017, n. 129, p. 1- 2, 2017.

NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Phytoseiid predator of whitefly feeds on plant tissue. **Experimental and Applied Acarology**, v. 31, n. 1–2, p. 27–36, 2003.

OLIVEIRA, M. R. V.; AMANCIO, E.; LAUMANN, R. A.; GOMES, L. Natural Enemies of *Bemisia tabaci* (Gennadius) B Biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) in Brasília, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 151–154, 2003.

RABELLO, A. R.; QUEIROZ, P. R.; HIRAGI, C. O.; LIMA, L. H. C.; OLIVEIRA, M. R. V.; MEHTA, A. Diversity analysis of *Bemisia tabaci* biotypes: RAPD, PCR-RFLP and sequencing of the ITS1 rDNA region. **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, n. 2, p. 585–590, 2008.

ROSELL, R. C.; BEDFORD, I. D.; FROHLICH, D. R.; GIL, R. J.; BROWN, J. K.; MARKHAM, P. G. Analysis of morphological variation in distinct populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Systematic**, v. 90, n. 5, p. 575–589, 1997.

RUSSEL, L. M. Synonyms of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). **Bulletin of Brooklin Entomological Society**, v. 52, p. 122–123, 1957.

SABELIS, M. W.; VAN RIJN, P. C. J. Predation by insects and mites. In: VAN RIJN, P. C. J. (Ed.). **The Impact of Supplementary Food on a Prey-Predator Interaction**. 1. ed. Netherlands: Eigen beheer, 2002. p. 17–86.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A.; ALVARENGA, M. A. R. Pragas. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. p. 359–412.

SILVA, A. G.; JUNIOR, A. L. B.; FARIAS, P. R. S.; SOUZA, B. H. S.; RODRIGUES, N. E. L.; JESUS, F. G. Dinâmica populacional de mosca - branca *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Homoptera: Aleyrodidae) em feijoeiro. **EntomoBrasilis**, v. 7, n. 1, p. 5–11, 2014.

SUMMERS, C. G.; NEWTON, A. S.; ESTRADA, D. Intraplant and interplant movement of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) crawlers. **Environmental**

Entomology, v. 25, n. 6, p. 1360–1364, 1996.

TIAN, J.; DIAO, H.; LIANG, L.; HAO, C.; ARTHURS, S.; MA, R. Pathogenicity of *Isaria fumosorosea* to *Bemisia tabaci*, with some observations on the fungal infection process and host immune response. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 130, p. 147–153, 2015.

TOGNI, P. H. B. **Bases ecológicas para o manejo de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em sistemas orgânicos de produção de tomate**. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

TOGNI, P. H. B.; VENZON, M.; SOUZA, L. M.; SANTOS, J. P. C. R.; SUJII, E. R. Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 393–403, 2019.

VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. Manejo Integrado da mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) em sistema de produção integrada de tomate indústria (PITI). **Circular Técnico 70**, v. 1923, p. 1–16, 2009.

VILLAS BÔAS, G. L.; FRANÇA, F. H.; ÁVILA, A. C.; BEZERRA, I. C. Manejo integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii*. **Circular Técnico 9**, p. 1–12, 1997.

YUKI, V. A.; LOURENÇÃO, A. L.; KUNIYUKI, H.; BETH, J. A. Transmissão experimental do vírus do mosaico dourado do feijoeiro por *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 4, p. 1996–1999, 1998.

CAPÍTULO 2 – Tricomas foliares afetam o forrageamento do ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* (Mesostigmata: Phytoseiidae)

RESUMO – Os tricomas foliares são agrupados em glandulares e não glandulares e podem afetar negativamente a locomoção de ácaros fitoseídeos em superfícies foliares, comprometendo o forrageamento e capacidade de predação. O objetivo do estudo foi caracterizar e quantificar os tricomas foliares de diferentes plantas e determinar seu efeito no forrageamento do ácaro predador *A. tamatavensis* em diferentes superfícies foliares. O experimento consistiu em: (i) caracterização e quantificação dos tricomas foliares baseado na presença ou ausência de glândula na extremidade apical dos tricomas, número e arranjo das células no ápice dos tricomas, comprimento dos tricomas, tipo de glândula e presença de células diferenciadas na base dos tricomas e (ii) determinação de distâncias percorridas pelo predador em tempos definidos (1 e 5 min). Foram avaliadas sete superfícies foliares de espécies de plantas: três cultivares de tomate comerciais (*S. lycopersicum*, var. híbrido Santyno F1; *S. lycopersicum*, cv. BRS Nagai e *S. lycopersicum*, cv. Santa Cruz); dois genótipos de tomate silvestres (*S. habrochoites*, var. hirsutum, PI134417 e *S. habrochoites*, var. hirsutum, PI134418), uma cultivar de couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) e uma cultivar de soja (*Glycine max*, cv. BRASMAX, POTÊNCIA RR). Nos genótipos de tomate silvestre foram observadas maiores densidades de tricomas glandulares (I + IV + VI + VI) e menores distâncias percorridas. Houve correlação negativa entre densidades de tricomas e distâncias percorridas pelo ácaro predador *A. tamatavensis*, independentemente da espécie de planta. A cultivar de tomate híbrida Santyno F1 possui apenas tricomas glandular do tipo I e não afetou negativamente a locomoção do ácaro predador. Desse modo, a presença de tricomas pode comprometer a eficácia de predadores no controle biológico e deve ser considerada num programa de manejo integrado de pragas.

Palavras-chave: mosca-branca, locomoção, tomate, predação.

**Leaf trichomes affect foraging of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis*
(Mesostigmata: Phytoseiidae)**

ABSTRACT – Leaf trichomes are grouped into glandular and non-glandular and can negatively affect the locomotion of phytoseiid mites on leaf surfaces, compromising foraging and predation capacity. The objective of this study was to characterize and quantify the leaf trichomes of different plants and to determine their effect on foraging of the predatory mite *A. tamatavensis* on different leaf surfaces. The experiment consisted of: (i) characterization and quantification of leaf trichomes based on the presence or absence of gland at the apical end of the trichomes, number and arrangement of cells at the apex of the trichomes, length of the trichomes, type of gland and presence of differentiated cells in the apex. base of the trichomes and (ii) determination of distances traveled by the predator at defined times (1 and 5 min). Seven leaf surfaces of plant species were evaluated: three commercial tomato cultivars (*S. lycopersicum*, hybrid var. Santyno F1; *S. lycopersicum*, cv. BRS Nagai and *S. lycopersicum*, cv. Santa Cruz); two wild tomato genotypes (*S. habrochoites*, var. hirsutum, PI134417 and *S. habrochoites*, var. hirsutum, PI134418), one cauliflower cultivar (*B. oleracea* var. acephala) and one soybean cultivar (*Glycine max* (BRASMAX, RR POWER). In wild tomato genotypes, higher densities of glandular trichomes (I + IV + VI + VI) and shorter distances were observed. There was a negative correlation between trichome densities and distances traveled by the predatory mite *A. tamatavensis*, regardless of plant species. Santyno F1 hybrid tomato cultivar has only type I glandular trichomes and did not negatively affect the predator mite locomotion. Thus, the presence of trichomes may compromise the effectiveness of predators in biological control and should be considered in an integrated management program.

Keywords: whitefly, locomotion, tomato, predation.

1. Introdução

O ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers é um potencial agente de controle biológico de mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B (MEAM1) (CAVALCANTE et al., 2015b, 2017; BARBOSA; POLETTI; POLETTI, 2019; MASSARO; MORAES, 2019), que se trata de uma praga de grande importância para o tomate (SILVA; CARVALHO; ALVARENGA, 2013). O tomateiro apresenta tricomas, que são apêndices que se estendem da epiderme dos tecidos aéreos (LEVIN, 1973) e proporcionam proteção limitando o acesso de insetos à superfície da planta pela densidade ou pela produção de toxina (TOSCANO et al., 2001). Os tricomas presentes em tomateiro podem ser classificados em glandulares, devido à presença de glândula secretora, ou não-glandulares ou tectores, sem glândula secretora (GLAS et al., 2012). Os tricomas glandulares apresentam células metabólicas ativas, com a capacidade de secretar ou armazenar grandes quantidades de metabólicos especializados (TISSIER, 2012).

Fatores da planta hospedeira, que incluem a presença, densidade e tipo de tricomas, podem afetar o desempenho de ácaros fitoseídeos em programas de controle biológico (MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013; SCHMIDT, 2014). Os tricomas podem favorecer ou prejudicar os inimigos naturais, o que pode ser explicadas por muitos factores, tais como: i) aumento ou diminuição na facilidade de encontrar as presas; ii) aumento na captura de pólen para uso como fonte de alimento; iii) prevenção de condições ambientais adversas e iv) fuga da predação intraguilda ou canibalismo (SCHMIDT, 2014). Folhas pubescentes, em geral, estão correlacionadas positivamente com a abundância de muitas espécies de ácaros predadores fitoseídeos (KARBAN et al., 1995; DUSO; VETTORAZZO, 1999; DUSO; PASINI; PELLEGRINI, 2003; RODA; NYROP; ENGLISH-LOEB, 2003; LOUGHNER et al., 2008, 2010; SCHMIDT, 2014). Apesar da existência da associação positiva entre tricomas e abundância de ácaros fitoseídeos em várias espécies de plantas, alguns ácaros predadores fitoseídeos são correlacionados negativamente com superfícies que apresentam tricomas, adaptando-se melhor a superfícies foliares glabras (SEELMANN et al., 2007; MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013; SCHMIDT, 2014). Tricomas em plantas inibem o movimento de diversos predadores e ainda os tricomas glandulares por produzirem compostos pegajosos ou tóxicos

podem aprisionar ou matar esses artrópodes e afetar negativamente a resposta numérica em tomateiro (BOTTRELL; BARBOSA; GOULD, 1998; CORTESERO; STAPEL; LEWIS, 2000; KENNEDY, 2003; SCHMIDT, 2014). Em superfícies foliares de tomateiro e meloeiro foram observadas as mais baixas taxas de consumo de ovos de *B. tabaci* por *A. tamatavensis*, devido a maior densidade de tricomas foliares presentes nestas espécies de planta comparativamente a outras testadas (BARBOSA; POLETTI; POLETTI, 2019). Todavia, sabe-se que este ácaro foi relatado nos Estados Unidos da América associada a *Trialeurodes abutiloneus* (Haldeman) (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas de *Solanum americanum* (Solanaceae) e *Laportea aestuans* (Urticaceae), sendo que esta última possui alta densidade de tricomas glandulares e não glandulares (DÖKER et al., 2018). O conhecimento sobre o efeito de tricomas foliares e a persistência de ácaros predadores nos habitats é fundamental para que programas de controle biológico sejam bem sucedidos (MCMURTRY, 1992; LOUGHNER et al., 2010). Por exemplo na Turquia, os tricomas foliares foram uma das causas do insucesso no controle biológico de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) em berinjela (*Solanum melongena* L.) utilizando o ácaro predador *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (KUTUK et al. 2016). Diante do exposto acima, busca-se com esse trabalho caracterizar e quantificar os tricomas foliares de diferentes plantas e determinar as distâncias percorridas pelo ácaro predador *A. tamatavensis* em diferentes superfícies foliares.

2. Material e métodos

2.1. Local

Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Ecologia Aplicada, Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo.

2.2. Plantas e criação do ácaro predador *A. tamatavensis*

A população inicial do ácaro predador *A. tamatavensis* foi obtida de criações de manutenção do Departamento de Entomologia e Acarologia, ESALQ/USP,

Piracicaba, SP. Estes ácaros foram mantidos em laboratório, em unidades de criação semelhantes às descritas por McMurtry e Scriven (1965), alimentados com ácaros *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa; OConnor e Moraes e suplementados duas vezes por semana com pólen de *Typha domingensis* Persoon (Typhaceae), em câmara climatizada (28 ± 1 °C, $80 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h).

As plantas utilizadas para caracterização e quantificação de tricomas foram: três cultivares comerciais de tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. híbrido Santyno F1; *S. lycopersicum* cv. BRS Nagai e *S. lycopersicum* cv. Santa Cruz – Solanaceae), dois genótipos silvestres de tomateiro (*Solanum habrochoites* Knapp e Spooner, var. hirsutum, PI134417 e *S. habrochoites*, var. hirsutum, PI134418 – Solanaceae), uma cultivar de couve (*Brassica oleracea* L. var. acephala, Brassicaceae) e uma cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, cv. BRASMAX, POTÊNCIA RR, Fabaceae).

O transplântio do tomate e couve para vasos de 5 L, contendo substrato de areia, solo e esterco bovino (1:1:1) foi realizada aos 30 dias após a semeadura de soja. A coleta das folhas do terço médio das plantas utilizadas nos experimentos foi realizada aos 30 dias após o transplântio, isto é, aos 60 dias após a semeadura da soja. As plantas foram mantidas em casa de vegetação climatizada (25 ± 3 °C; UR $70 \pm 10\%$ e luz natural) e irrigadas diariamente com auxílio de um recipiente graduado com 0,5 L de água.

2.3. Avaliação de tricomas foliares da face abaxial

A caracterização e quantificação dos tricomas foliares da face abaxial foi realizada através de captura de imagem em microscopia eletrônica de varredura. Esta avaliação foi realizada apenas na face abaxial, pois o principal alvo de controle biológico para este predador é a mosca-branca, *B. tabaci*, que ocorre somente nesta parte das folhas. Para tanto, aos 30 e 60 dias após o transplântio de couve e tomate e da semeadura de soja, respectivamente, foram coletados quadrados foliares (5 mm x 5 mm) retiradas de folhas selecionadas aleatoriamente no terço mediano de cada planta. O experimento foi conduzido usando o delineamento inteiramente casualizado, cujos tratamentos consistiram nas plantas de tomate, soja e couve (item 2.2).

Para cada espécie ou cultivar foram recortadas dez amostras (quadrados) foliares. Após o recorte das amostras foram acondicionados em solução de glutaraldeído a 3% e levadas para o laboratório de microscopia eletrônica onde foram colocadas em solução tampão de fosfato de sódio a 0,1 M e mantidos em câmara climatizada (8°C) durante 72 horas, para fixação do glutaraldeído. Após este período, as amostras foram lavadas com tampão fosfato de sódio 0,1 M por três vezes. Posteriormente foi adicionado tetróxido de ósmio a 1% e as amostras acondicionadas em câmara climatizada (8°C). Um dia após a fixação em tetróxido de ósmio, foi realizada a desidratação sequenciada em solução alcoólica de 30, 50 e 70% em intervalos de 15 minutos e posteriormente acondicionado em câmara climatizada por 24 h. A desidratação em álcool foi realizada novamente utilizando as concentrações de 80, 90 e 100 % em intervalos de 20 min. Para cada concentração, o procedimento foi repetido três vezes. Após a desidratação, as amostras foram individualizadas para secagem em ponto crítico e armazenamento no dissecador por 24 h. Depois disso, as amostras foram metalizadas em ouro e as micrografias foram realizadas utilizando Microscópio eletrônico de varredura Zeiss EVO MA10. A caracterização e quantificação dos tricomas foliares de tomateiro foram realizadas utilizando a metodologia descrita por Luckwill (1943) modificado por Glas et al. (2012), baseada na presença ou ausência de glândula na extremidade apical dos tricomas, número e arranjo das células no ápice dos tricomas glandulares, no comprimento do tricoma, tipo de glândula e presença de células diferenciadas na base dos tricomas e da soja descrita por Lourenço, Vasconcelos Filho e Campos (2011).

2.4. Determinação de distâncias percorridas pelo ácaro predador

A determinação de distâncias percorridas por *A. tamatavensis* em superfícies foliares de espécies de plantas foi através da adaptação do teste de repelência proposto por Weston e Snyder (1990) para ácaros fitófagos. Para tanto, uma tacha metálica (1 cm de diâmetro) foi fixada no centro de cada folíolo devidamente assentado sobre um pedaço de isopor (Figura 1). Uma fêmea adulta de dois dias de idade acasalada sem experiência prévia dos substratos utilizados foi colocada sobre a tacha, acompanhando-se sua movimentação e determinando-se a

distância percorrida no folíolo a partir da borda da tacha por 1 e 5 min. Foram avaliadas sete superfícies foliares descritas no item 2.2 que constituíram os tratamentos, com 15 repetições cada. Nos genótipos de tomateiro silvestre, para permitir a padronização do tempo de caminhamento foi considerado o tempo após deixarem a borda da tacha, forçados com auxílio de alfinete entomológico, devido ao fato dos ácaros não abandonarem espontaneamente as tachas. Devido ao padrão de caminhamento do ácaro (descrevendo curvas), o percurso do ácaro foi marcado com auxílio de alfinetes entomológicos.



Figura 1: Folha de tomate utilizada como unidade experimental no bioensaio

2.5. Análise de dados

Os dados de número de tricomas tectores e glandulares das espécies vegetais e de movimentação do ácaro predador *A. tamatavensis* foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variância e devidamente ajustados. Posteriormente foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e a comparação dos tratamentos pelo teste de TUKEY a 5%. Para todas as análises foi utilizado o procedimento PROC MIXED (SAS Institute, 2015). Ainda, os valores de densidade de tricomas e distâncias percorridas pelo ácaro *A. tamatavensis* em função do tempo foram correlacionadas por meio de correlação de Person pelo procedimento PROC CORR (SAS Institute, 2015).

3. Resultados

3.1. Caracterização e quantificação de tricomas foliares de espécies de plantas

As espécies de plantas apresentaram variação no tipo e quantidade de tricomas foliares presentes na superfície abaxial das folhas. Tricomas foliares de superfície abaxial de espécies de plantas foram retratadas com auxílio de microscopia eletrônica de varredura, qualificadas e contabilizadas em uma área de 0,53 mm². A espécie de tomate selvagem PI134417 e as cultivares comerciais Santino F1 e BRS Nagai apresentaram maior número de tricomas tectores, seguidas da espécie selvagem PI134418 e a cultivar de tomate Santa Cruz e por último a cultivar de soja BRASMAX teve menor número de tricomas tectores ($F = 55,32$, $gl = 54$, $P < 0,0001$) (Tabela1).

Tabela 1: Densidade média (\pm EPM) de tricomas tectores e glandulares por 0,53 mm² de superfícies foliares de espécies de plantas

Espécie/cultivar	Tipos de tricomas foliares						Total*
	Tectores*	Glandulares					
		I	IV	VI	VII		
Tomate PI134417	82,5 \pm 7,99 a	9,40	18,60	7,10	0,80	35,9 \pm 3,93 a	
Tomate PI134418	30,2 \pm 2,15 b	3,60	10,20	9,70	1,10	24,6 \pm 2,01 a	
Tomate Santyno F1	60,8 \pm 2,03 a	0,40	0,00	0,00	0,00	0,4 \pm 0,30 c	
Tomate BRS Nagai	71,2 \pm 2,44 a	0,00	0,00	0,80	0,00	0,8 \pm 0,29 c	
Tomate Santa Cruz	41,7 \pm 3,67 b	1,00	0,00	0,30	0,33	1,5 \pm 2,27 c	
Soja BRASMAX	5,9 \pm 0,18 c	-	-	-	-	9,6 \pm 1,14 b	
Couve-manteiga	-	-	-	-	-	-	

*Médias (\pm EP) seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A couve-manteiga não possui nenhum tipo de tricoma (Figura 2 A). Os genótipos selvagens PI134417 (Figura 2 B) e PI134418 (Figura 2 C) de tomate apresentaram maior número total de tricomas glandulares, seguidas pela cultivar de

soja BRASMAX (Figura 2 D). As menores densidades de tricomas foram observadas nas cultivares de tomate comerciais Santyno F1 (Figura 2 E), BRS Nagai (Figura 2 F) e Santa Cruz (Figura 2 G), sendo que apresentaram 89,8, 44,9 e 23,9 menos vezes tricomas foliares, respectivamente em relação a espécie selvagem PI134417 e 61,5, 30,8 e 16,4 em relação a espécie selvagem PI134418 (Tabela 1). Os genótipos selvagens de tomateiro apresentaram maior diversidade de tricomas glandulares sendo observados tricomas do tipo I, IV, VI e VII. A cultivar Santa Cruz não apresentou tricomas glandulares do tipo IV. As cultivares híbridas Santyno F1 e BRS Nagai, somente foram observados um único tipo de tricomas glandulares, do tipo I e VI para Santyno F1 e BRS Nagai, respectivamente.

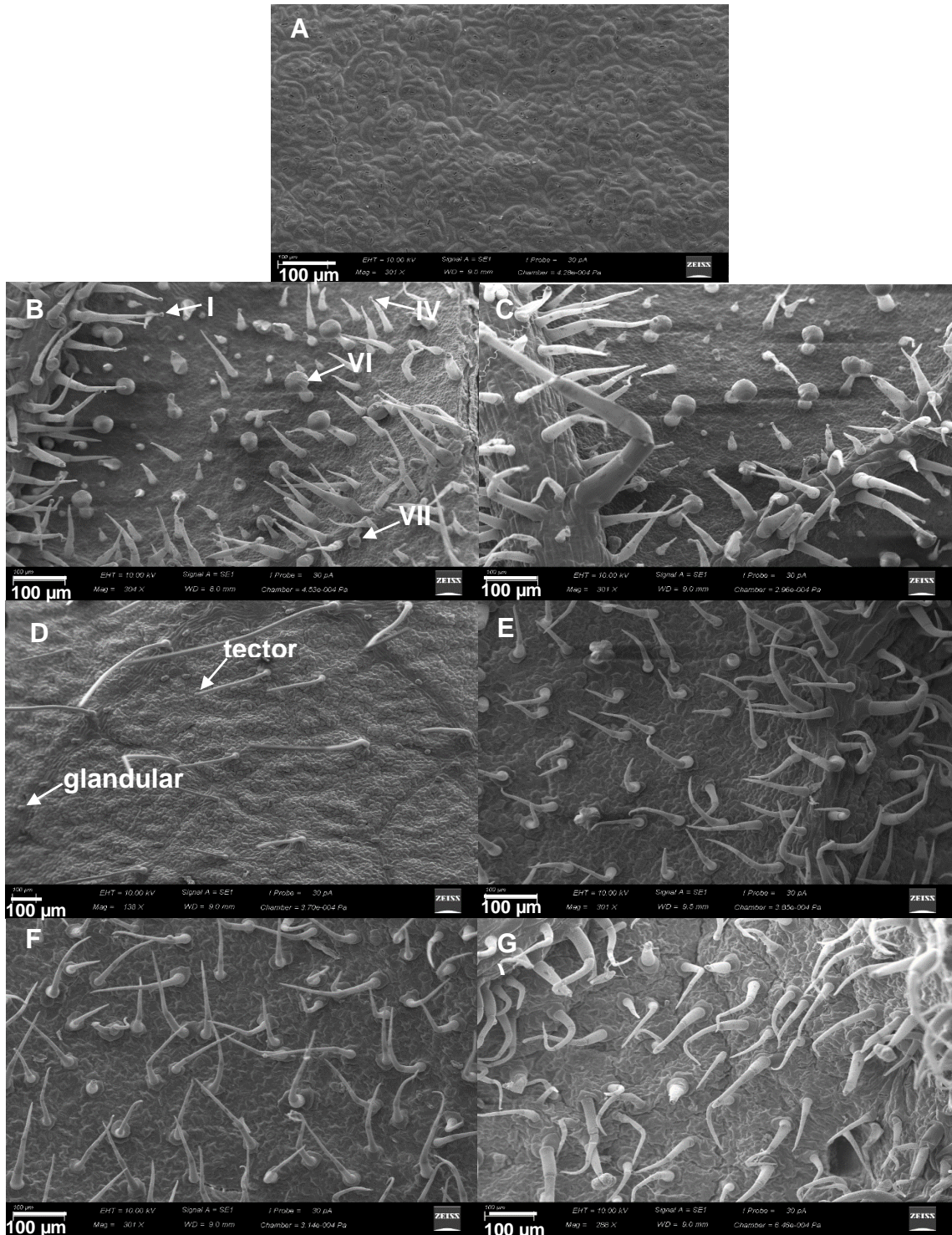


Figura 2:Elétron-micrografias de varredura de superfícies foliares de espécies de plantas: A) couve-manteiga, sem tricomas; B) PI134417A, tricomas tectores e as setas ilustram tricomas glandulares do tipo I, IV, VI e VII; C) PI134478, tricomas tectores e glandulares; D)Soja, tricomas tectores e glandulares; E) Santyno, tricomas tectores e glandulares; F) Santa Cruz, tricomas tectores e glandulares e G) BRS Nagai, tricomas tectores e glandulares.

3.2. Distâncias percorridas pelo ácaro predador em diferentes superfícies foliares

As distâncias percorridas pelo ácaro predador *A. tamatavensis* nas diferentes espécies de plantas diferiram entre si aos 1 ($F = 193,68$, $gl = 98$, $P < 0,0001$) e 5 ($F = 385,99$, $gl = 98$, $P < 0,0001$) min, sendo aos 5 min de forma mais expressiva. O ácaro predador no tempo de 5 min percorreu a maior distância na superfície foliar da couve comparativamente as outras espécies de plantas e as menores distâncias foram percorridas nas cultivares selvagens de tomate (Tabela 2). Nos genótipos de tomateiro silvestres PI134417 e PI134418, os ácaros predadores após de se aproximar da borda da tacha retornaram ao centro da tacha onde permaneceram por tempo todo evitando as superfícies foliares desses genótipos. Quando forçados a sair da taxa, os ácaros movimentaram-se em média cerca de 2 mm ao fim de 1 minuto devido a aderência com exsudatos dos tricomas foliares.

Tabela 2: Distância média (\pm EPM) percorrida por *A. tamatavensis* em superfícies foliares de espécies de plantas

Espécie/Cultivar	Distância percorrida (cm)	
	1 min	5 min
Tomate PI134417	0,12 \pm 0,01 d	0,15 \pm 0,02 d
Tomate PI134418	0,11 \pm 0,04 d	0,16 \pm 0,02 d
Tomate Santyno F1	1,44 \pm 0,10 ab	6,78 \pm 0,39 b
Tomate BRS Nagai	1,11 \pm 0,12 bc	6,60 \pm 0,29 b
Tomate Santa Cruz	1,00 \pm 0,06 c	5,41 \pm 0,21 c
Soja BRASMAX	1,33 \pm 0,07 ab	6,94 \pm 0,36 b
Couve-manteiga	1,63 \pm 0,07 a	9,23 \pm 0,38 a

*Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os tipos de tricomas foliares (tectores e glandulares) presentes nas espécies vegetais afetaram negativamente o deslocamento do ácaro predador *A. tamatavensis* (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficientes de correlação (r) de Pearson entre os tipos de tricoma e a distância (cm) percorrida por *A. tamatavensis* após 1 e 5 min.

Tipo de tricomas	Tempo			
	1 min		5 min	
	r	P	r	p
Tectores	-0,27546	0,0192	-0,70955	< 0,0001
Glandulares	-0,29974	0,0105	-0,76126	< 0,0001

4. Discussão

As pequenas distâncias percorridas por *A. tamatavensis* nas cultivares selvagens PI134417 e PI134418 e a correlação negativa com presença de tricomas glandulares indicam que a locomoção dos ácaros foi afetada não só pelas substâncias pegajosas presentes nos tricomas, mas também pela repelência dessas substâncias. Isto ficou evidenciado, pois o ácaro permaneceu no centro da tacha mesmo após muito tempo da sua colocação ou após chegarem na borda da tacha voltavam para o centro deste, evitando o contato com a superfície foliar como observado por Weston e Snyder (1990) em plantas resistentes. Os ácaros deixaram as tachas induzidos e após 60 min percorreram em média aproximadamente 2 mm nas cultivares selvagens (PI134417 = $0,21 \pm 0,02$ mm e PI134418 = $0,19 \pm 0,02$ mm). Segundo Weston e Snyder (1990), a permanência dos ácaros sobre a tacha nas cultivares selvagens é resultado da repelência dos tricomas glandulares nas espécies selvagem que inibem a locomoção (BOTTRELL; BARBOSA; GOULD, 1998; CORTESERO; STAPEL; LEWIS, 2000; CÉDOLA; SÁNCHEZ; LILJESTHRÖM, 2001; KENNEDY, 2003; SATO et al., 2011) e ainda os seus compostos pegajosos poderiam aprisionar o ácaro predador (BOTTRELL; BARBOSA; GOULD, 1998; CORTESERO; STAPEL; LEWIS, 2000; KENNEDY, 2003) causando, conseqüentemente, a sua morte (WESTON; SNYDER, 1990).

As cultivares comerciais de tomate apresentaram baixa quantidade de tricomas glandulares e maior distância percorrida pelo ácaro, sugerindo que o ácaro pode se movimentar facilmente nessas superfícies. Nessas cultivares, os tricomas possivelmente não reduzem a eficiência do predador através do impedimento de

locomoção na superfície foliar como observado nas espécies silvestres e relatado por Schmidt (2014).

A baixa densidade de tricomas glandulares apresentada por todas cultivares de tomate comerciais e diferentes distâncias de percorridas corroboram Loughner et al. (2008, 2010) e Schmidt (2014) e confirmam que as respostas de locomoção devido a presença de tricomas são específicas e sensíveis a tipos e quantidades de tricomas presentes nas espécies de plantas. O ácaro fitoseídeo *Neoseiulus californicus* (McGregor) por exemplo teve maior resposta numérica e forte estabelecimento em variedades de tomateiro com baixa densidade de tricomas, comparativamente em variedades com alta abundância (CÉDOLA; SÁNCHEZ; LILJESTHRÖM, 2001).

As cultivares de tomate comerciais não apresentaram tricomas glandulares do tipo IV. Estes são importantes na defesa contra herbívoros em tomateiro, não estando presentes no tomate cultivado *S. lycopersicum*, mas somente em espécies selvagens *S. habrochoites* (RODRÍGUEZ-LÓPEZ et al., 2011; GLAS et al., 2012; LUCATTI et al., 2013). Os tricomas glandulares do tipo IV são a fonte principal de acilaçúcar, considerado um inseticida natural, por ser extremamente pegajoso, e que cria uma armadilha para pequenos artrópodes (GOFFREDA; MUTSCHLER; TINGEY, 1988; HAWTHORNE et al., 1992; GONÇALVES et al., 2006). Segundo Vendemiatti et al. (2017), a espécie cultivada *S. lycopersicum* possui tricomas do tipo IV apenas nas fases iniciais do desenvolvimento (cotilédones e primeiro par de folhas), que não foi objeto de estudo neste trabalho por ser a primeira fase do desenvolvimento do tomateiro antes do transplântio das mudas.

Das espécies silvestres e cultivadas de tomate avaliadas, a cultivar de tomate Satyno F1 foi a única do gênero *Solanum* que não apresentou tricomas foliares do tipo VI. Esse tipo de tricoma é mais importante do gênero, muito abundante nas espécies selvagens e o de maior importância para a resistência a artrópodes, devido ao metabólito exsudado (líquido colante e tóxico) e contidas as maiores concentrações de 2-tridecanona (2-TD), podendo causar o aprisionamento dos artrópodes à planta (ARAGÃO; DANTAS; BENITES, 2000; TOSCANO et al., 2001; SILVA et al., 2015).

A densidade de tricomas foliares tectores das espécies de plantas estudadas e a distâncias percorrida foram negativamente correlacionadas. Os tricomas podem afetar diretamente a locomoção de artrópodes devido à sua densidade e tamanho (ARAGÃO; DANTAS; BENITES, 2000). Loughner et al. (2008, 2010) acrescentam que a presença de tricomas tectores na folha pode ser crítica para ácaros fitoseídeos e, quando abundantes, estão fortemente correlacionadas positivamente com presença de ácaros predadores fitoseídeos em cultivos. Neste sentido ressalta-se que a presença de maior número de tricomas tectores e menor número de tricomas glandulares (somente do tipo I) na cultivar de tomate Santyno F1, com maior distância percorrida dentre as espécies com tricomas, sugere que tal característica pode ser considerada em cultivos visando o manejo de mosca-branca utilizando o ácaro predador *A. tamatavensis* como agente de controle biológico. Ao contrário das plantas de couve, que são glabras, as de tomate os tricomas tectores podem ser favoráveis aos ácaros inimigos naturais. A ausência de tricomas foliares ocasiona dispersão de populações de algumas espécies de ácaros fitoseídeos para plantas pubescentes (LOUGHNER et al., 2010).

Os resultados obtidos de tipos e densidades de tricomas foliares e a sua relação com as distâncias percorridas por ácaro predador *A. tamatavensis* fornecem informação relevante sobre a movimentação desse ácaro em diferentes superfícies foliares de espécies de planta. Estes resultados dão uma indicação que o ácaro predador *A. tamatavensis* poderá forragear em plantas com elevadas e baixas densidades de tricomas tectores e glandulares respectivamente. O melhor desempenho apresentado pelo ácaro nas cultivares comerciais criam-se perspectiva otimista para sua utilização como um potencial candidato a agente de controle biológico de mosca-branca *B. tabaci* em futuros programas de Manejo Integrado de Pragas em tomateiro.

5. Referências

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; BENITES, F. R. G. Tricomas foliares em tomateiro com teores contrastantes do aleloquímico 2-tridecanona. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 813–816, 2000.

BARBOSA, M. F. C.; POLETTI, M.; POLETTI, E. C. Functional response of *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Mesostigmata: Phytoseiidae) to eggs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on five host plants. **Biological Control**, v. 138, n. 104030, p. 1–5, 2019.

BOTTRELL, D. G.; BARBOSA, P.; GOULD, F. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: A realistic strategy? **Annual Review of Entomology**, v. 43, n. 1, p. 347–367, 1998.

CAVALCANTE, A. C. C.; MANDRO, M. E. A.; PAES, E. R.; MORAES, G. J. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 43, n. 1, p. 10–15, 2017.

CAVALCANTE, A. C. C.; SANTOS, V. L. V.; ROSSI, L. C.; MORAES, G. J. Potential of five Brazilian populations of Phytoseiidae (Acari) for the biological control of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 1, p. 29–33, 2015.

CÉDOLA, C. V.; SÁNCHEZ, N. E.; LILJESTHRÖM, G. G. Effect of tomato leaf hairiness on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 25, n. 10–11, p. 819–831, 2001.

CORTESERO, A. M.; STAPEL, J. O.; LEWIS, W. J. Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. **Biological Control**, v. 17, n. 1, p. 35–49, 2000.

DÖKER, İ.; HERNANDEZ, Y. V.; MANNION, C.; CARRILLO, D. First report of *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) in the United States of America. **International Journal of Acarology**, v. 44, n. 2–3, p. 101–104, 2018.

DUSO, C.; PASINI, M.; PELLEGRINI, M. Distribution of the predatory mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) on different apple cultivars. **Biocontrol Science and Technology**, v. 13, n. 7, p. 671–681, 2003.

DUSO, C.; VETTORAZZO, E. Mite population dynamics on different grape varieties with or without phytoseiids released (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 23, n. 9, p. 741–763, 1999.

GLAS, J. J.; SCHIMMEL, B. C. J.; ALBA, J. M.; ESCOBAR-BRAVO, R.; SCHUURINK, R. C.; KANT, M. R. Plant glandular trichomes as targets for breeding or engineering of resistance to herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 12, p. 17077–17103, 2012.

GOFFREDA, J. C.; MUTSCHLER, M. A.; TINGEY, W. M. Feeding behavior of potato aphid affected by glandular trichomes of wild tomato. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 48, n. 2, p. 101–107, 1988.

GONÇALVES, L. D.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; RESENDE, J. T. V.; CASTRO, E. M.; SANTOS, N. M.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, M. V. Relação entre zingibereno, tricomas foliares e repelência de tomateiros a *Tetranychus evansi*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 267–273, 2006.

HAWTHORNE, D. J.; SHAPIRO, J. A.; TINGEY, W. M.; MUTSCHLER, M. A. Trichome-borne and artificially applied acylsugars of wild tomato deter feeding and oviposition of the leafminer *Liriomyza trifolii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 65, n. 1, p. 65–73, 1992.

KARBAN, R.; ENGLISH-LOEB, G.; WALKER, M. A.; THALER, J. Abundance of phytoseiid mites on *Vitis* species: effects of leaf hairs, domatia, prey abundance and plant phylogeny. **Experimental and Applied Acarology**, v. 19, n. 4, p. 189–197, 1995.

KENNEDY, G. G. Tomato, pests, parasitoids, and predators: Tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. **Annual Review of Entomology**, v. 48, n. 1, p. 51–72, 2003.

KUTUKI, H.; KARACAOGLU, M.; TUFEKLI, M.; VILLANUEVA, R. T. Failure of biological control of *frankliniella occidentalis* on protected eggplants using *Amblyseius swirskii* in the Mediterranean region of Turkey. **Turkish journal of agriculture and Forestry**, v. 40, p. 13–17, 2016.

LEVIN, D. A. The Role of Trichomes in plant defense. **The Quarterly Review of Biology**, v. 48, n. 1, Part 1, p. 3–15, 1973.

LOUGHNER, R.; GOLDMAN, K.; LOEB, G.; NYROP, J. Influence of leaf trichomes on predatory mite (*Typhlodromus pyri*) abundance in grape varieties. **Experimental and Applied Acarology**, v. 45, n. 3–4, p. 111–122, 2008.

LOUGHNER, R.; WENTWORTH, K.; LOEB, G.; NYROP, J. Influence of leaf trichomes on predatory mite density and distribution in plant assemblages and implications for biological control. **Biological Control**, v. 54, n. 3, p. 255–262, 2010.

LOURENÇO, H. A. O.; VASCONCELOS FILHO, J. M.; CAMPOS, H. D. Anatomia foliar de diferentes cultivares de soja e sua relação com incidência e severidade de doenças. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 3, p. 37–47, 2011.

LUCATTI, A. F.; VAN HEUSDEN, A. W.; DE VOS, R. C. H.; VISSER, R. G. F.; VOSMAN, B. Differences in insect resistance between tomato species endemic to the Galapagos Islands. **BMC Evolutionary Biology**, v. 13, n. 1, p. 1–12, 2013.

LUCKWILL, L. C. The genus *Lycopersicon*: A historical, biological and taxonomic survey of the wild and cultivated tomato. **Aberdeen University Studies**, v. 120, n. 21, p. 1–44, 1943.

MASSARO, M.; MORAES, G. J. Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Acarologia**, v. 59, n. 2, p. 282–284, 2019.

MCMURTRY, J. A. Dynamics and potential impact of “generalist” phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. **Experimental & Applied Acarology**, v. 14, n. 3–4, p. 371–382, 1992.

MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic & Applied Acarology**, v. 18, n. 4, p. 297–320, 2013.

MCMURTRY, J. A.; SCRIVEN, G. T. Insectary production of phytoseiid mites¹. **Journal of Economic Entomology**, v. 58, n. 2, p. 282–284, 1965.

RODA, A.; NYROP, J.; ENGLISH-LOEB, G. Leaf pubescence mediates the abundance of non-prey food and the density of the predatory mite *Typhlodromus pyri*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 29, n. 3–4, p. 193–211, 2003.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, M. J.; GARZO, E.; BONANI, J. P.; FERERES, A.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R.; MORIONES, E. Whitefly resistance traits derived from the wild tomato *Solanum pimpinellifolium* affect the preference and feeding behavior of *Bemisia tabaci* and reduce the spread of *Tomato yellow leaf curl virus*. **Phytopathology**, v. 101, n. 10, p. 1191–1201, 2011.

SAS INSTITUTE. **Stat user’s Guide version 9.4 SAS Institute Inc., Cary, Cary**, 2015.

SATO, M. M.; MORAES, G. J.; HADDAD, M. L.; WEKESA, V. W. Effect of trichomes on the predation of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) by *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) on tomato, and the interference of webbing.

Experimental and Applied Acarology, v. 54, n. 1, p. 21–32, 2011.

SCHMIDT, R. A. Leaf structures affect predatory mites (Acari: Phytoseiidae) and biological control: A review. **Experimental and Applied Acarology**, v. 62, n. 1, p. 1–17, 2014.

SEELMANN, L.; AUER, A.; HOFFMANN, D.; SCHAUSBERGER, P. Leaf pubescence mediates intraguild predation between predatory mites. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 807–817, 2007.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A.; ALVARENGA, M. A. R. Pragas. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. p. 359–412.

SILVA, M. L.; SILVA, D. H.; FARIA, R. B.; BOTINI, N.; CARVALHO, I. F. Avaliação de tricomas em subamostras de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Enciclopedia Bioesfera**, v. 11, n. 21, p. 308, 2015.

TISSIER, A. Glandular trichomes: What comes after expressed sequence tags? **Plant Journal**, v. 70, n. 1, p. 51–68, 2012.

TOSCANO, L. C.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SANTOS, J. M.; ALMEIDA, J. B. S. A. Tipos de tricomas em genótipos de *Lycopersicon*. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 336–338, 2001.

VENDEMIATTI, E.; ZSÖGÖN, A.; SILVA, G. F. F. E.; JESUS, F. A.; CUTRI, L.; FIGUEIREDO, C. R. F.; TANAKA, F. A. O.; NOGUEIRA, F. T. S.; PERES, L. E. P. Loss of type-IV glandular trichomes is a heterochronic trait in tomato and can be reverted by promoting juvenility. **Plant Science**, v. 259, p. 35–47, 2017.

WESTON, P. A.; SNYDER, J. C. Thumbtack bioassay: a quick method for measuring plant resistance to twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 2, p. 500–504, 1990.

**CAPÍTULO 3 – Resposta funcional e numérica e preferência do ácaro predador
Amblyseius tamatavensis (Mesostigmata: Phytoseiidae) em imaturos de
Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B**

RESUMO – A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B, é uma praga de destaque no cultivo de tomate. O ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) tem potencial para ser um importante agente de controle biológico desta praga. O objetivo do estudo foi determinar a resposta funcional e numérica do ácaro predador *A. tamatavensis* sobre ovos de *B. tabaci* e sua preferência de predação por imaturos de *B. tabaci* (ovos, ninfas do primeiro e segundo instares). Fêmeas adultas fertilizadas de *A. tamatavensis* foram individualizadas em unidades experimentais com folhas de tomate (2,5 cm de diâmetro). Os experimentos foram conduzidos em câmara climatizada (28 ± 1 °C, 80 ± 10 UR e fotofase de 12 h). As densidades de 5, 10, 15, 20, 30, 40 e 50 ovos de mosca-branca foram avaliadas, para a determinação de resposta funcional e numérica. As presas consumidas, bem como as posturas do predador foram registrados a cada 24 h. O predador preferiu ovos a ninfas de mosca-branca. A resposta funcional foi do tipo II independentemente da idade de *A. tamatavensis*. A maior taxa de ataque (11,06 ovos/dia) e menor tempo de manipulação da presa ($2,17 \pm 0,07$ h) foi observada aos 7 dias de idade de *A. tamatavensis*. A oviposição média diária do predador ($1,1 \pm 0,03$ ovos/fêmea/dia) quando alimentado com ovos de mosca-branca foi maior comparativamente quando oferecidas ninfas. A oviposição foi de $1,4 \pm 0,08$ ovos/fêmea/dia. Os resultados indicaram que *A. tamatavensis* tem potencial para o controle biológico de mosca-branca.

Palavras-chave: Predação, controle biológico, oviposição, mosca-branca, tomate.

Functional and numerical response and preference of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Mesostigmata: Phytoseiidae) on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B immatures

ABSTRACT – The whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B, is a serious pest in tomato cultivation. The predatory mite *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) has the potential to be an important biological control agent of this pest. The objective of this study was to determine the functional and numerical response of the predatory mite *A. tamatavensis* on *B. tabaci* eggs and its preference for predation by *B. tabaci* immatures (eggs, first and second instar nymphs). Fertilized adult females of *A. tamatavensis* were individualized in tomato leaf disc (2.5 cm in diameter). The experiments were conducted in a climate chamber (28 ± 1 °C, 80 ± 10 RH and 12 hours photophase). The densities of 5, 10, 15, 20, 30, 40 and 50 whitefly eggs were evaluated for determination of functional and numerical response. The prey consumed as well as the predator's postures were recorded every 24 h. The predatory mite *A. tamatavensis* presents more preference for eggs than for whitefly nymphs. The functional response was type II regardless of the age of *A. tamatavensis*. The highest attack rate (11.06 eggs/day) and shortest prey handling time (2.17 ± 0.07 h) was observed at 7 days predator age. The average daily oviposition (1.1 ± 0.03 eggs/female/day) of *A. tamatavensis* females fed with whitefly eggs was higher comparatively when offered nymphs. The oviposition of *A. tamatavensis* females was 1.4 ± 0.08 eggs/female/day. The results indicated that *A. tamatavensis* has potential for biological control of whitefly.

Keyword: Predation, biological control, oviposition, whitefly, tomato.

1. Introdução

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B é uma praga de grande importância em diversas culturas agrícolas e ornamentais em muitos países (BARBOSA et al., 2015; ESASHIKA et al., 2016b), incluindo o tomateiro (OLIVEIRA et al., 2013). As perdas causadas por esta praga na cultura de tomate são devidas aos danos diretos, ao sugarem a seiva do floema e ao excretarem substâncias açucaradas favorecendo o aparecimento de fumagina, e indiretos, devido à transmissão de agentes do gênero *Begomovirus*, causadoras de doenças virais (SILVA; CARVALHO; ALVARENGA, 2013).

A principal estratégia de controle desta praga envolve a aplicação de produtos químicos, muitas vezes utilizada sem critérios, devido à dificuldade no seu controle (SILVA et al., 2009, 2013). A utilização incorreta de produtos químicos pode acarretar problemas no controle da mosca-branca, como a mortalidade de inimigos naturais. Além disso, favorece a evolução da resistência em populações da espécie às substâncias ativas utilizadas no seu controle (MA et al., 2010; SILVA; CARVALHO; ALVARENGA, 2013), causando surtos da praga. Estes pontos negativos do controle químico da mosca-branca implicam a necessidade de utilização de outras estratégias de manejo, em que o controle biológico é uma ferramenta importante (CAMPBELL; STEPHEN-CAMPBELL; GILL, 1995; BENGTSSON, 2015; TOGNI et al., 2019).

Os ácaros *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, *Euseius gallicus* Kreiter & Tixier e *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) são predadores generalistas utilizados comercialmente para o controle biológico de *B. tabaci* na Europa e América Norte (NOMIKOU et al., 2003a; GERSON; WEINTRAUB, 2012; HOOGERBRUGGE et al., 2005; KNAPP et al., 2013). Esses ácaros, são utilizados em diversas culturas, exceto em plantas de tomate, devido à presença de tricomas glandulares. Os tricomas glandulares são tidos como a causa do fracasso para utilização de alguns ácaros fitoseídeos no controle de pragas neste tipo de hospedeiro (KAZAK; KARUT; DOKER, 2015).

No Brasil, foram avaliadas cinco espécies de Phytoseiidae, *A. limonicus*, *Amblyseius herbicolus* (Chant), *Amblyseius largoensis* Muma, *Amblyseius tamatavensis* Blommers e *Neoseiulus tunus* (De Leon), que ocorrem no país para a

predação de *B. tabaci* biótipo B, com destaque para o potencial de *A. tamatavensis* (CAVALCANTE et al., 2015b). Em laboratório, 14 populações de *A. tamatavensis*, de diferentes localidades do Brasil, se mostraram eficientes na predação de ovos de *B. tabaci* (MASSARO; MORAES, 2019). Em experimento conduzido em casa de vegetação, *A. tamatavensis* foi responsável pela redução de 60 a 80% nas densidades de mosca-branca em plantas jovens de pimentão (CAVALCANTE et al., 2017). Este predador foi relatado nos Estados Unidos da América associado a *Trialeurodes abutiloneus* (Haldeman) (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas de *Solanum americanum* Mill (Solanaceae) e *Laportea aestuans* (Gaud) (Urticaceae) (DÖKER et al., 2018). Esta última possui alta densidade de tricomas glandulares e não glandulares.

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) apresenta tricomas glandulares e não glandulares. É necessário estudar o efeito destas no potencial de *A. tamatavensis* como agente de controle biológico de mosca-branca (DÖKER et al., 2018), uma vez que estes tricomas podem comprometer o forrageamento de ácaros predadores. Em tomateiro, o ácaro predador *A. tamatavensis* apresenta resposta funcional do tipo II e baixas taxas de consumo de ovos de *B. tabaci*, devido à maior densidade de tricomas foliares (BARBOSA; POLETTI; POLETTI, 2019). Entretanto, aspectos relacionados a preferência, resposta funcional durante toda a fase reprodutiva e resposta numérica que são necessários no estabelecimento das bases de qualquer programa de controle biológico ainda não foram determinadas para este ácaro. A resposta funcional descreve a relação entre a taxa de predação e a densidade de presas (SOLOMON, 1949; HOLLING, 1966). Os parâmetros mais utilizados para avaliar a resposta funcional são a taxa de ataque e o tempo de manipulação da presa. A taxa de ataque (a) corresponde à capacidade de busca de um predador dentro de uma determinada área e o tempo de manipulação (T_h) é o tempo gasto para um predador encontrar e matar uma presa (HOLLING, 1959). A resposta numérica, por outro lado, é descrita como a mudança na densidade da população do predador em resposta a mudança na densidade da presa (SOLOMON, 1949). A preferência por diferentes estágios de presas é um importante atributo que pode afetar o desempenho do predador e a dinâmica predador-presa; porém tem sido pouco estudada (SOLEYMANI; HAKIMITABAR; SEIEDY, 2016a).

Os objetivos do presente estudo foram: (i) avaliar a preferência de predação de *A. tamatavensis* por estádios imaturos de mosca-branca *B. tabaci* em tomateiro e (ii) avaliar as respostas funcional e numérica do ácaro predador *A. tamatavensis* em tomateiro.

2. Material e métodos

2.1. Plantas e criação da mosca-branca

O tomateiro, *S. lycopersicum*, híbrido Santyno F1 (Grupo Santa Cruz) foi semeado em bandejas de 128 células contendo substrato à base de vermiculita (Plantmax[®]) e mantidas em casa-de-vegetação climatizada ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$; UR $70 \pm 10\%$ e luz natural). O transplântio para vasos de 5 e 10 L, contendo substrato de areia, argila e esterco bovino (1:1:1), foi realizada aos 30 dias após a semeadura.

A mosca-branca foi obtida de uma criação existente no Departamento de Fitossanidade, FCAV/UNESP. Alguns exemplares de adultos foram acondicionados em álcool etílico 95% para confirmação do biótipo, utilizando técnicas de caracterização molecular de marcadores microssatélites, através da análise de PCR com primers BEM23 (Moraes et al., 2017). A criação desses insetos foi realizada exclusivamente em plantas de tomate mantidas em casa de vegetação. As plantas foram renovadas frequentemente para proporcionar condições adequadas de sobrevivência e reprodução de *B. tabaci*. A infestação das plantas de tomate utilizadas na manutenção da criação ou nos experimentos foi realizada aos 30 dias após o transplântio.

2.2. Criação do ácaro predador *Amblyseius tamatavensis*

A população do ácaro predador *A. tamatavensis* usada nos experimentos foi obtida de criações de manutenção do Departamento de Entomologia e Acarologia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Os indivíduos que formaram a colônia fundadora foram obtidos em plantas de pimentão *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) infestadas com *B. tabaci* em Piracicaba, SP, Brasil. Estes ácaros foram mantidos em laboratório, em unidades de criação semelhantes às descritas por McMurtry e Scriven (1965) e

alimentados com ovos de *B. tabaci* e/ou ácaros *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes e suplementados duas vezes por semana com pólen de *Typha domingensis* Persoon (Typhaceae).

2.3. Preferência por estágio de presa

2.3.1. Sem chance de escolha

A avaliação da preferência de predação de *A. tamatavensis* por imaturos de *B. tabaci* (ovos e ninfas de 1^o e 2^o instares) foi realizada de acordo com o procedimento descrito por Soleymani et al. (2016a). Para tanto, uma fêmea adulta acasalada do ácaro predador, mantida em jejum durante 24 h, foi confinada em placa de Petri plástica (6 cm de diâmetro). Em cada placa de Petri foi colocado um disco de folha de tomate (2,5 cm de diâmetro) sobre papel de filtro (5 cm de diâmetro) e esponja úmida (5,5 cm diâmetro x 1 cm de altura). Para evitar a fuga dos ácaros, foi adicionada água destilada até meia altura da espuma. O experimento foi conduzido em uma câmara climatizada a $28 \pm 1^{\circ} \text{C}$, $80 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h. Cada placa de Petri representou uma unidade experimental.

Para obtenção de imaturos de mosca-branca nos estágios pretendidos foram realizadas infestações diárias de grupos de plantas em gaiolas menores (100 x 90 x 100 cm) coberta de tecido de poliéster (“voile”) por 24 h, para oviposição. Os adultos de mosca-branca foram então removidos das plantas e estas foram transferidas para gaiola maiores (160 x 90 x 100 cm) (Figura 1). Este procedimento foi realizado diariamente durante 30 dias, para garantir quantidade suficiente de imaturos com a mesma idade. Próximo da eclosão de ninfas do 1^o instar (ovos com coloração marrom escuro), os ovos foram monitorados a cada três h e logo após a eclosão das ninfas do primeiro instar (móveis) e passagem de ninfas para o 2^o instar, uma planta foi infestada para obtenção de ovos de até 24 h para sua utilização quando as ninfas do 1^o instares estivessem totalmente fixadas.



Figura 1: Gaiolas contendo plantas infestadas para obtenção de imaturos de idades e estágios/estádios conhecidos.

As folhas de tomateiro de cada tratamento foram trazidas para o laboratório e os imaturos de mosca-branca (ovos e ninfas do 1^o e 2^o ínstar) foram contabilizados no tecido foliar. Em seguida, porções da folha contendo o número desejado de imaturos foram recortadas e transferidas para as unidades experimentais de acordo com os respectivos tratamentos. O experimento de preferência hospedeira consistiu de três tratamentos: (i) ovos, (ii) ninfas de primeiro ínstar e (iii) ninfas de segundo ínstar. Para os dois primeiros tratamentos (ovos e ninfas de 1^o. ínstar) utilizaram-se 20 indivíduos em cada unidade experimental, enquanto que para o 2^o. ínstar foram utilizados 10 indivíduos. Os tratamentos e número de indivíduos disponibilizados na unidade experimental foram baseados em ensaio preliminar, em que se verificou que ninfas de 3^o e 4^o ínstar não foram predadas (dados não publicados).

As avaliações foram realizadas durante seis dias, sendo contabilizados diariamente o número de presas consumidas e o número de ovos do predador. As presas consumidas foram repostas e os ovos do predador descartados diariamente. Foram adotadas 40 repetições por tratamento.

2.3.2. Com chance de escolha

A determinação da preferência de predação de *A. tamatavensis* por imaturos de *B. tabaci* com chance de escolha (ovos e ninfas do 1º e 2º ínstar) foi realizada de modo semelhante ao adotado no ensaio sem chance de escolha (item 2.3.1.). Entretanto, para assegurar a presença de imaturos em diferentes estágios, as plantas de tomate contendo ninfas de primeiro ínstar (móveis) e segundo ínstar recém emergidas foram infestadas com adultos de mosca-branca para oviposição por 24 h ou foram infestadas com adultos de mosca-branca em dias sucessivos para obtenção de imaturos do primeiro e segundo ínstar na mesma folha.

O experimento consistiu de três tratamentos: (i) ovos e ninfas do 1º ínstar; (ii) ovos e ninfas do 2º ínstar; (iii) ninfas do 1º ínstar e ninfas do 2º ínstar. A quantidade de imaturos de mosca-branca oferecido aos predadores foi de 20 indivíduos para cada estágio de presa. As avaliações foram realizadas após 24 h, sendo contabilizados o número de presas consumidas. Foram adotadas 30 repetições em delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo que cada repetição foi constituída por uma unidade experimental (placa de Petri).

2.4. Resposta funcional e numérica

Ovos de *B. tabaci* de até 24 h foram contados diretamente no tecido da folha, recortados e colocados sobre discos de folha de tomateiro (2,5 cm diâmetro). O disco foi mantido sobre esponja (5,5 cm diâmetro x 1 cm de altura diâmetro) e papel de filtro (5 cm de diâmetro) umedecido dentro de placas de Petri (6 cm de diâmetro x 2 cm de altura) em densidades de 5, 10, 15, 20, 30, 40 e 50 ovos. A placa de Petri apresentava um orifício (1 cm²) na parte central da tampa, que foi coberta por tela fina para permitir ventilação. Água destilada foi adicionada na placa de Petri até meia altura da esponja, de modo a se evitar a fuga dos ácaros. Transferiu-se para cada placa uma fêmea adulta acasalada de *A. tamatavensis*, com quatro dias de idade, sendo a placa fechada com um pedaço de filme de PVC (WYDA, Sorocaba-SP). O tratamento controle consistiu de discos com as mesmas densidades de ovos de *B. tabaci* sem o predador. O número de ovos de *B. tabaci* predados, bem como de ovos

do predador foram registados a cada 24 h após a liberação de *A. tamatavensis*, durante nove dias.

O experimento foi realizado em uma câmara climatizada a 28 ± 1 °C, $80 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h. Para cada densidade (tratamento) foram realizadas 10 repetições.

2.5. Análise de dados

A predação de adultos de *A. tamatavensis* por estágios imaturos de *B. tabaci*, sem chance de escolha, foi determinada por meio da taxa média diária de consumo de cinco dias de avaliação, excluído o primeiro dia que foi de adaptação ao novo alimento. Os dados foram analisados utilizando o procedimento PROC MIXED (SAS INSTITUTE, 2015) para a análise de variância (ANOVA) e a comparação dos tratamentos foi por meio do PDIFF ADJUST (teste de TUKEY).

A preferência de fêmeas adultas de *A. tamatavensis* com chance de escolha por estágios imaturos de *B. tabaci* foi quantificada pelo índice β (MANLY, 1974), determinada segundo a equação 1:

$$\beta_1 = \frac{\text{Log}\left(\frac{e_1}{A_1}\right)}{\text{Log}\left(\frac{e_1}{A_1}\right) + \text{Log}\left(\frac{e_2}{A_2}\right)} \quad (1)$$

Onde: β_1 - é índice beta de Manly para cada estágio de presa, e_1 e e_2 - número de presas do tipo 1 e tipo 2 não selecionadas pelo predador e A_1 e A_2 - número de indivíduos de presa em estágios 1 ou 2 fornecidos ao predador. Para a determinação do índice β em cada estágio da presa, foi calculada a média de β para cada repetição. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste t.

A resposta funcional do ácaro predador *A. tamatavensis* foi estimada pelo procedimento sugerido por Juliano (1993). Inicialmente houve a determinação da forma da curva de resposta funcional através de regressão logística da proporção de ácaros consumidos em função das densidades originais de ácaros por predador usando o PROC CATMOD (SAS Institute, 2015). A equação 2 foi utilizada para determinar o tipo de resposta funcional:

$$\frac{Ne}{N} = a + bN + cN^2 + dN^3 + e \quad (2)$$

Onde: Ne - proporção de presas mortas; N - número de presas oferecidas; a - é o intercepto; b, c e d - coeficientes linear, quadrático e cúbico, respectivamente.

Testou-se o modelo cúbico devido à capacidade de capturar as possíveis variações das curvas de resposta funcional e os termos significativos da equação foram mantidos. À vista do sinal do termo linear (b) da equação gerada a partir da proporção de ácaros predados pela densidade de presas, determinou-se o tipo de resposta funcional. O termo linear quando não significativo indica resposta funcional Tipo I. Quando o termo é significativo e negativo ($b < 0$), a resposta funcional é do Tipo II e quando positivo ($b > 0$), a resposta funcional é do Tipo III. Por último, os parâmetros referentes ao tempo de manuseio (T_h) e a taxa de ataque (a) da resposta funcional foram estimados por regressão não linear empregando o método dos quadrados mínimos.

Para explicar a variação na taxa de oviposição de *A. tamatavensis* em função da densidade inicial de ovos de *B. tabaci*, foi obtido o modelo da curva de resposta numérica de *A. tamatavensis* através de análise de regressão não linear, utilizando o procedimento PROC NLI (SAS Institute, 2015). A equação hiperbólica 3 foi usada para descrever a resposta numérica:

$$f(x) = \frac{ax}{b+x} \quad (3)$$

Onde: $f(x)$ - é a oviposição diária de *A. tamatavensis* nas diferentes densidades de presas (x), a - é a oviposição máxima diária e b - é a densidade de presas necessárias para obter metade da resposta máxima.

3. Resultados

3.1. Preferência por estágio de presa sem chance de escolha

Fêmeas adultas de *A. tamatavensis*, quando oferecidas somente um estágio de presa, diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos. Ovos,

ninfas do primeiro e ninfas do segundo ínstar foram oferecidos separadamente para fêmeas adultas de *A. tamatavensis*. O consumo de ovos ($8,4 \pm 0,14$ ovos/dia) foi maior que de ninfas do primeiro ínstar ($6,1 \pm 0,14$ ninfas/dia) por sua vez maior que de ninfas segundo ínstar ($2,1 \pm 0,09$ ninfas/dia) ($F_{2,117}=806$, $P < 0,0001$). As ninfas de segundo ínstar foram as menos preferidas (Figura 2a).

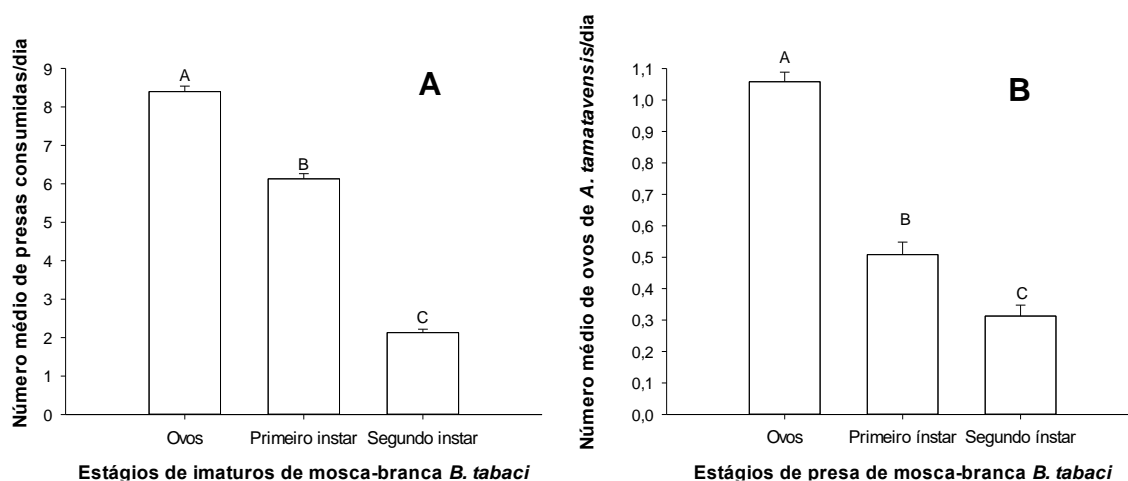


Figura 2: Preferência de fêmea de *A. tamatavensis* por imaturos de *B. tabaci* em 24 h em teste sem chance de escolha. A) Número médio (+EPM) de diferentes estágios de mosca-branca *B. tabaci* consumida por fêmea de *A. tamatavensis* em 24 h. B) Oviposição média (+EPM) de *A. tamatavensis* em 24 h em função de estágio de mosca-branca *B. tabaci* consumido.

Padrão semelhante foi observado em relação à oviposição, sendo esta mais elevada em ovos ($1,1 \pm 0,03$ ovos/fêmea/dia) intermediário em ninfas de primeiro ínstar ($0,51 \pm 0,04$ ovos/fêmea/dia) e menor em ninfas de segundo ínstar ($0,3 \pm 0,03$ ovos/fêmea/dia) (Figura 2b). Deste modo, a produção de ovos de *A. tamatavensis* correspondeu a 2,1 e 3,38 vezes mais do quando as fêmeas foram alimentadas com ovos de *B. tabaci* em comparação com ninfas de primeiro e segundo ínstar, respectivamente ($F_{2,117}=120,13$, $P < 0,0001$).

3.2. Preferência por estágio de presa com chance de escolha

O predador preferiu ovos a ninfas do primeiro e segundo ínstar de mosca-branca. Grupos de dois estágios de mosca-branca contendo ovos, ninfas do primeiro ou ninfas do segundo ínstar foram oferecidos às fêmeas adultas de *A. tamatavensis*. Predadores consumiram mais ovos ($6,3 \pm 0,34$ ovos/dia) que ninfas de primeiro ínstar ($1,8 \pm 0,27$ ninfas/dia) ($t = -10,21$, $gl = 58$, $P < 0,0001$). Também se alimentaram mais de ovos ($7,4 \pm 0,25$ ovos/dia) que de ninfas do segundo ínstar ($0,9 \pm 0,16$ ninfas/dia) quando estes dois estágios foram oferecidos conjuntamente ($t = -22,01$, $gl = 50,4$, $P < 0,0001$), e mais ninfas do primeiro ínstar ($5,9 \pm 0,22$ ninfas/dia) que ninfas do segundo ínstar ($0,5 \pm 0,11$ ninfas/dia) ($t = 21,94$, $gl = 43,8$, $P < 0,0001$).

A comparação dos índices de preferência β de Manly dos diferentes estágios de desenvolvimento de mosca-branca (Figura 3), mostrou que o predador preferiu significativamente mais ovos do que as ninfas do primeiro ínstar ($t = -13,52$, $gl = 58$, $P < 0,0001$) (Figura 3a) e ninfas do segundo ínstar ($t = -30,79$, $gl = 58$, $P < 0,0001$) de *B. tabaci* (Figura 3b). Houve também uma preferência significativa por ninfas do primeiro ínstar a do segundo ínstar de mosca-branca ($t = 36,55$, $gl = 58$, $P < 0,0001$) (Figura 4c).

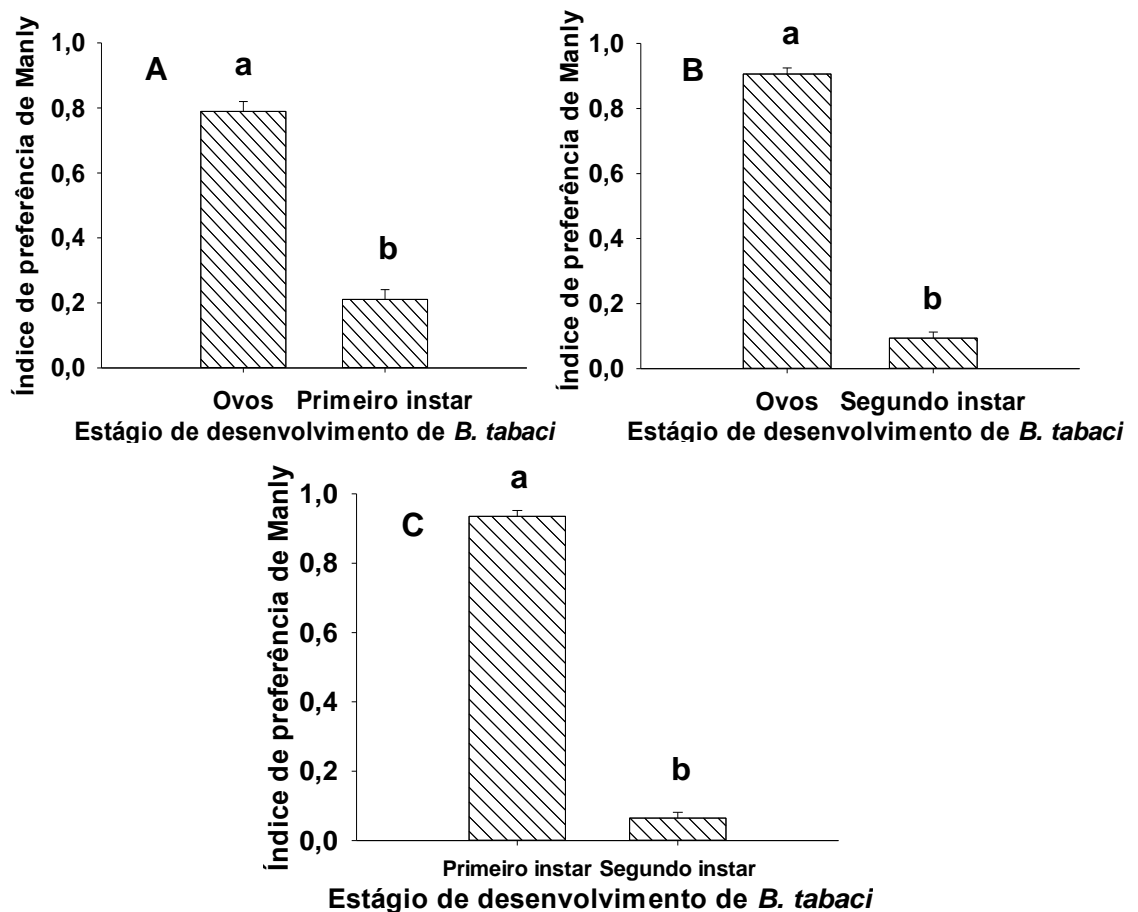


Figura 3. Índice de preferência de Manly (+EPM) para *A. tamatavensis* quando oferecido imaturos de *B. tabaci* utilizados como presa em teste com chance de escolha: ovos e ninfas do primeiro instar (A), ovos e ninfas do segundo instar (B), ninfas do primeiro instar e ninfas do segundo instar (C). As médias (+EPM) seguidas por letras diferentes em cada gráfico foram significativamente diferentes pelo teste t a 5% de significância.

3.3. Resposta funcional

A resposta funcional do ácaro predador *A. tamatavensis* dos 5 aos 12 dias de idade (fase reprodutiva) em diferentes densidades de ovos de mosca-branca *B. tabaci* foi do Tipo II. Fêmeas adultas de *A. tamatavensis* foram colocadas em arenas contendo diferentes densidades de ovos de mosca-branca *B. tabaci* para avaliação da predação e oviposição em 24 h. As curvas de predação e proporção (Figuras 4 e

5) mostram formas similares no tipo de resposta apresentada para as diferentes idades do ácaro predador.

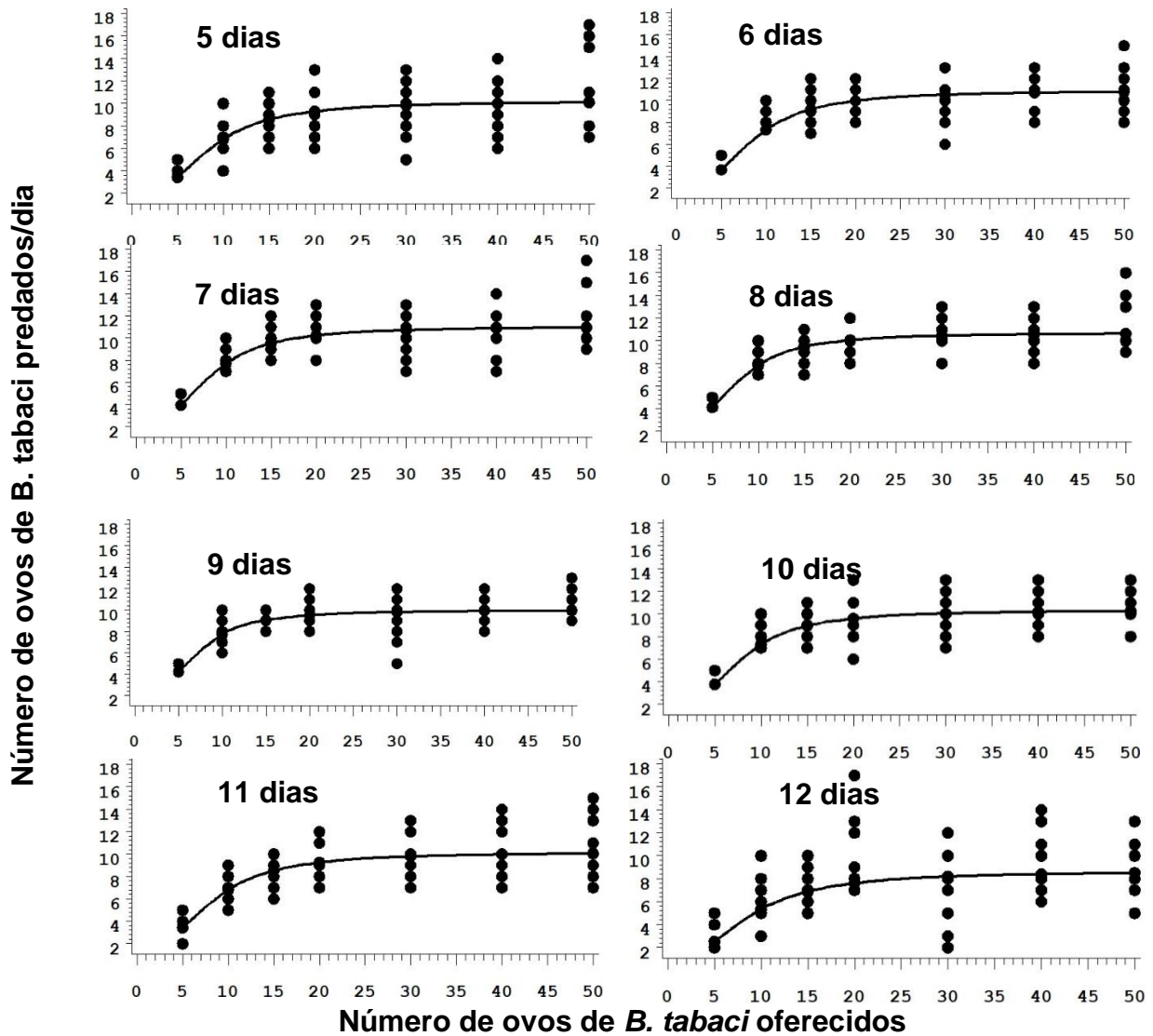


Figura 4. Resposta funcional do ácaro predador *A. tamatavensis* de diferentes idades sobre ovos de mosca-branca *B. tabaci*.

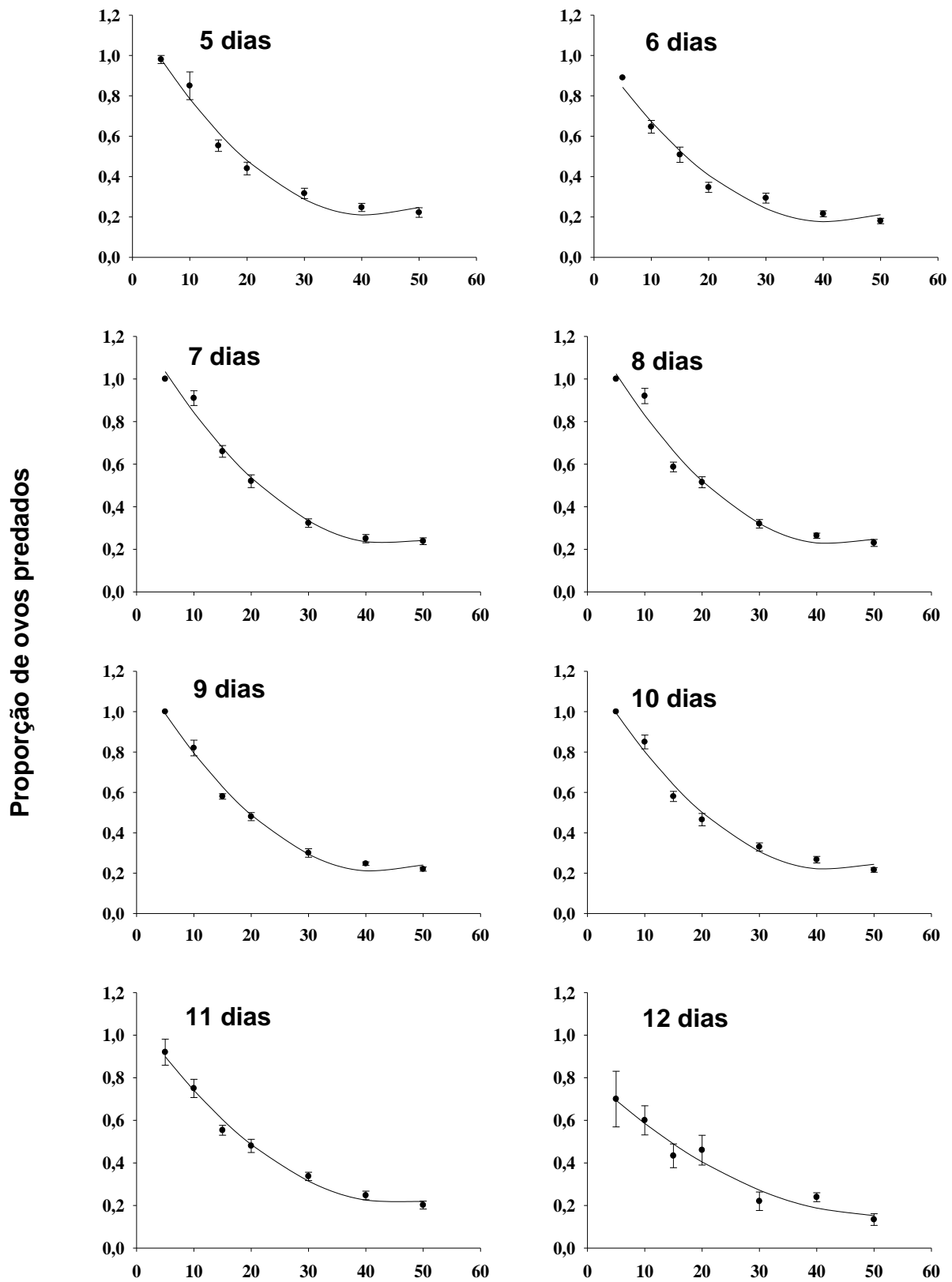


Figura 5. Proporção de ovos de *B. tabaci* consumidos pelo predador *A. tamatavensis* de diferentes idades.

O resultado da análise de regressão logística mostrou que o coeficiente linear das equações em todas as idades do predador é negativo e significativo ($p < 0,0001$), indicando uma resposta do Tipo II (Tabela 1). A taxa de ataque estimada (T/T_h), isto é, o número máximo de ovos de *B. tabaci* consumidos por *A. tamatavensis* durante um período de 24 h foi em média de 10,2 ovos/dia, sendo que a taxa máxima foi de 11,1 ovos por dia registrado aos 7 dias de idade e a mínima de 8,66 ovos por dia aos 12 dias. O tempo médio de manipulação foi de $2,2 \pm 0,21$ h. O menor tempo foi de $2,2 \pm 0,07$ h e o maior de $2,8 \pm 0,23$ h registrados aos 7 e 12 dias de idade, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 1 - Parâmetros estimados pela regressão logística entre a proporção de presas atacada pelo predador *A. tamatavensis* em função da densidade de ovos de *B. tabaci*.

Idade (dias)	Parâmetro	Valor (\pm EPM)	χ^2	P
5	Intercepto	5,2200 \pm 0.7628	46,83	<0,0001
	Linear	-0,4807 \pm 0,0885	29,51	<0,0001
	Quadrático	0,0125 \pm 0,00307	16,57	<0,0001
	Cúbico	-0,00011 \pm 0,000033	11,33	0,0008
6	Intercepto	6,1046 \pm 0.8593	50,47	<0,0001
	Linear	-0,5535 \pm 0,0972	32,44	<0,0001
	Quadrático	0,0149 \pm 0,00331	20,17	<0,0001
	Cúbico	-0,00013 \pm 0,000035	15,18	<0,0001
7	Intercepto	6,3922 \pm 0.9443	45,83	<0,0001
	Linear	-0,5340 \pm 0,1052	25,75	<0,0001
	Quadrático	0,0129 \pm 0,00355	13,21	0,0003
	Cúbico	-0,00010 \pm 0,000037	8,11	0,0044
8	Intercepto	6,2774 \pm 0.8888	49,88	<0,0001
	Linear	-0,5585 \pm 0,10000	31,17	<0,0001
	Quadrático	0,0145 \pm 0,00339	18,34	<0,0001
	Cúbico	-0,00013 \pm 0,000035	12,93	0,0003
9	Intercepto	5,0968 \pm 0.7649	44,406	<0,0001
	Linear	-0,4543 \pm 0,0886	26,27	0,0001
	Quadrático	0,0114 \pm 0,00307	13,79	0,0002
	Cúbico	-0,00010 \pm 0,000033	8,9	0,0028
10	Intercepto	5,5462 \pm 0.7948	46,69	<0,0001
	Linear	-0,5106 \pm 0,0913	31,26	<0,0001
	Quadrático	0,0136 \pm 0,000315	18,8	<0,0001
	Cúbico	-0,00012 \pm 0,000033	13,82	0,0002
11	Intercepto	2,3407 \pm 0.2967	62,23	<0,0001
	Linear	-0,1486 \pm 0,2967	48,38	<0,0001
	Quadrático	0,00150 \pm 0,3542	19,86	<0,0001
12	Intercepto	2,3882 \pm 0.5269	20,55	<0,0001
	Linear	-0,2486 \pm 0,0,0668	13,84	0,0002
	Quadrático	0,00647 \pm 0,00248	6,82	0,0090
	Cúbico	-0,00006 \pm 0,000028	5,32	0,0211

Tabela 2 - Estimativa (\pm EPM) de taxa de ataque e tempo de manipulação de *A. tamatavensis* consumindo ovos de *B. tabaci* em diferentes densidades durante 24 h.

Idade (dias)	Taxa de ataque* (a)	Tempo de manipulação* (T _h)	Presas/dia (T/T _h)
5	0,0144 \pm 0,00327 (0,0078 - 0.0209)	2,3461 \pm 0,1069 (2,1329 – 2,5593)	10,23 (9,37756-11,25229)
6	0,0166 \pm 0,00219 (0,0123 - 0.0210)	2,1975 \pm 0,0689 (2,0601 – 2,3349)	10,92 (10,27881-11,64992)
7	0,0203 \pm 0,00323 (0,0138 - 0.0267)	2,1705 \pm 0,0670 (2,0367 – 2,3042)	11,06 (10,41576-11,78377)
8	0,0237 \pm 0,00407 (0,0156 - 0.0318)	2,2396 \pm 0,0643 (2,1113 – 2,3680)	10,72 (10,13514-11,36740)
9	0,0270 \pm 0,00515 (0,0167 - 0.0372)	2,3952 \pm 0,0579 (2,2797 – 2,5107)	10,02 (9,55909-10,52770)
10	0,0184 \pm 0,00324 (0,0119 - 0.0249)	2,3163 \pm 0,0710 (2,1745 – 2,4580)	10,36 (9,76404-11,03702)
11	0,0144 \pm 0,00317 (0,0081 - 0.0207)	2,3575 \pm 0,0882 (2,1816 – 2,5334)	10,18 (9,47343-11,00110)
12	0,00826 \pm 0,0037 (0,0008 - 0.0157)	2,7713 \pm 0,2286 (2,3150 – 3,2275)	8,66 (7,43610-10,36717)

*Os valores entre parênteses representam intervalo de confiança de 95%.

A curva do modelo hiperbólico foi a relação não linear que melhor se ajustou a densidade de presas e oviposição diária. A oviposição diária do predador *A. tamatavensis* [f (x)] e a densidade de ovos de *B. tabaci* oferecidos ao predador tiveram uma relação positiva e significativa (F=697,28, P<0,0001, R²=0,90; Figura 6). Houve um incremento do número de ovos postos por fêmea de *A. tamatavensis* à medida que houve aumento na disponibilidade de ovos de *B. tabaci*. A oviposição diária tendeu a se estabilizar quando a disponibilidade de recurso foi acima de 20

ovos de mosca-branca. A oviposição máxima diária (a) de *A. tamatavensis* foi de $1,4 \pm 0,08$ ovos/fêmea/dia e a densidade de presas necessárias para obter metade da resposta máxima (b) foi de $6,2 \pm 1,45$ ovos.

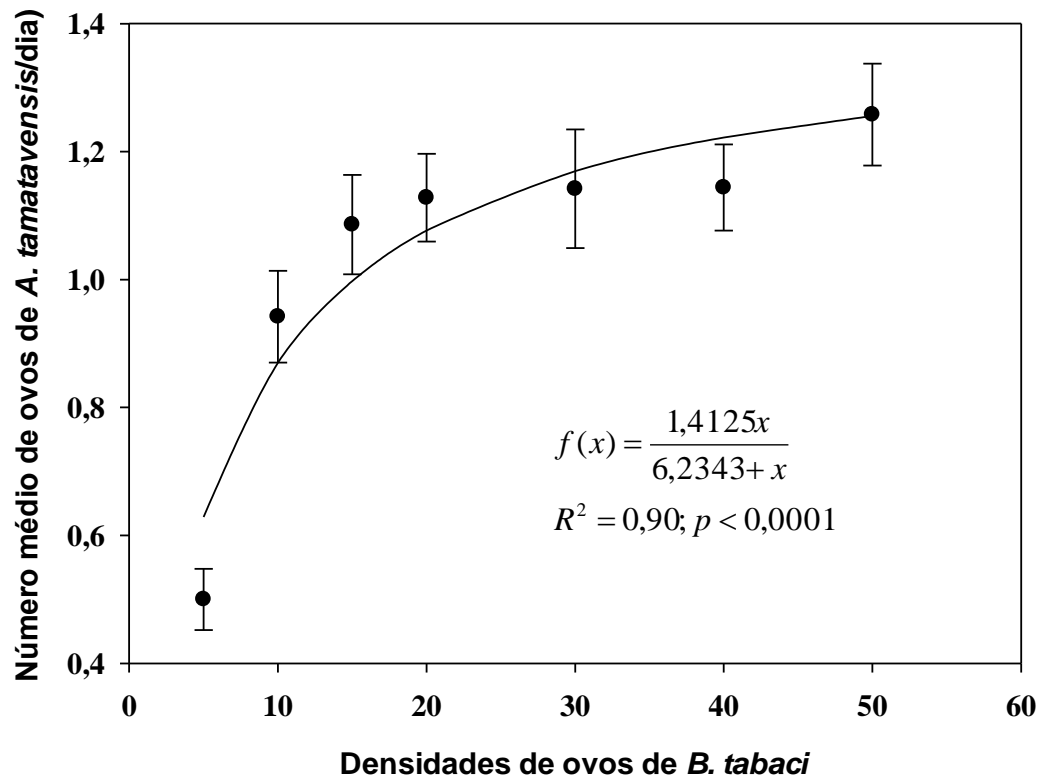


Figura 6: Oviposição média (\pm EPM) diária de fêmeas de *A. tamatavensis* em função da densidade de ovos de *B. tabaci* oferecidos.

4. Discussão

A taxa de predação de ovos encontrada no presente estudo para a população desse ácaro, utilizando disco de folíolo de tomate como substrato, mostrou que este ácaro apresenta elevado potencial como agente de controle biológico de mosca-branca, corroborando os resultados obtidos por Cavalcante et al. (2015b), Massaro e Moraes (2019) e Barbosa, Poletti e Poletti (2019). O predador consumiu 1,4 e 3,9 vezes mais ovos do que ninfas do primeiro e segundo instar, respectivamente, quando o recurso alimentar foi restrito a um único estágio da presa (sem chance de escolha). Por outro lado, quando houve chance de escolha, o ácaro predador *A.*

tamatavensis, consumiu 3,4 e 8,5 vezes mais ovos que ninfas do primeiro e segundo instar de *B. tabaci*. Estes resultados indicaram que o estágio de desenvolvimento da mosca-branca afigura-se como importante na preferência do ácaro predador *A. tamatavensis*, uma vez que os estádios ninfais mais avançados foram menos atacados pelo predador, embora pudessem utilizá-los quando não há outra opção. De forma semelhante, Nomikou et al. (2003b) e Soleymani et al. (2016a,b) também verificaram que *A. swirkii*, considerado importante agente de controle biológico de mosca-branca na Europa, consumiu mais ovos que ninfas de *B. tabaci*. Segundo Blackwood et al. (2001), a preferência por estádios ninfais iniciais sugere provável dependência do tamanho dos estádios dos imaturos e mecanismo de proteção de cada presa. Esses resultados revelam que a liberação do ácaro predador *A. tamatavensis* no momento inicial da infestação da mosca-branca torna-se fundamental para o sucesso na regulação populacional desta praga em futuros programas de controle biológico em tomate, uma vez que o ácaro é capaz de eliminar a praga antes que esta cause danos à cultura.

A taxa de oviposição média obtida no presente estudo encontra-se próxima da encontrada por Massaro e Moraes (2019) e Cavalcante et al. (2017). O maior consumo de ovos associada a maior oviposição das fêmeas sugere que os ovos possivelmente são um estágio de presa mais adequado para o predador *A. tamatavensis*. Segundo Soleymani et al. (2016a), existe uma relação entre a adequação da presa e a preferência do seu estágio. O maior proveito dos ovos pode ser devido a maior composição de nutrientes (SABELIS, 1985; XIAO; FADAMIRO, 2010; XIAO et al., 2013), massa efetiva dos ovos e menor tempo para atacar e digerir compostos nutritivos da presa (SABELIS, 1985).

O ácaro predador *A. tamatavensis* apresentou resposta funcional do Tipo II em todas as idades testadas. O número de presas consumidas aumentou até um máximo (saturação do predador) e a proporção de presas consumidas diminuiu com a densidade das presas, isto é o número de ovos de *B. tabaci* consumidos aumentou com o aumento da sua disponibilidade, mas estacionou quando foi atingido o máximo de consumo. Esse tipo de resposta funcional revela que o ácaro predador *A. tamatavensis* é capaz de manter elevados níveis de predação em baixas densidades da presa. Resultados similares também foram encontrados em outros estudos com

fitoseídeos, utilizando fêmeas adultas. Tal como observado nos estudos desenvolvidos por Barbosa, Poletti e Poletti (2019), o ácaro *A. tamatavensis* alimentado com ovos de *B. tabaci* apresentou resposta funcional do Tipo II independentemente da planta hospedeira testada. Fathipour et al. (2018, 2017), relataram que os ácaros predadores *A. swirskii* e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot apresentaram resposta funcional do Tipo II. Alfaia et al. (2018) observaram que o predador *Amblyseius largoensis* (Muma) alimentado por ovos de mosca-branca *Aleurodicus cocois* (Curtis) (Hemiptera: Aleurodidae) também apresentou resposta funcional do tipo II.

A maior taxa de ataque e menor tempo de manipulação da presa apresentada aos sete dias após a emergência de fêmeas (12 dias de idade), em comparação com outras idades, não foi suficiente para causar a mudança do tipo de resposta funcional. O ácaro predador *A. swirskii* apresentou resposta funcional do tipo III para as fêmeas adultas de 6 dias após a emergência (12 dias de idade) e tipo II em todas as outras idades como resultado de maior consumo de presa e maior taxa reprodutiva (FATHIPOUR et al., 2017). Diante disto, a liberação do ácaro predador *A. tamatavensis* pode ser capaz de reduzir as populações de *B. tabaci* em toda a sua fase reprodutiva. A consistência e estabilidade na proporção de consumo de presas durante essa fase possibilita maior previsibilidade no tipo de resposta em função da densidade populacional da praga e tomada de melhor decisão na sua liberação.

Os tempos de manipulação do ácaro predador *A. tamatavensis* para as diferentes idades encontrados no presente estudo (2,2 - 2,8 h) foram maiores ($1,6 \pm 0,30$ h) aos relatados por Barbosa, Poletti e Poletti (2019) utilizando a mesma espécie de ácaro e ovos de *B. tabaci*, mas são mais longos que os relatados por Fathipour et al. (2017) (0,4 - 1,4 h) para *A. swirskii* e Fathipour et al. (2018) para *P. persimilis* (0,49-2,38 h) tendo ovos do ácaro *Tetranychus urticae* Koch como presa e disco de folha de pepino (*Cucumis sativus* L.) como substrato. Embora se tratem de outros predadores e presas, esta diferença se deve possivelmente a presença de tricomas foliares glandulares na folha do tomateiro que dificulta a atividade de busca.

Massaro e Moraes (2019) acreditam que a maior oviposição diária nas maiores densidades de ovos oferecidos ao predador é lógica e esperada, pois

indivíduos que se alimentam mais, são igualmente mais prolíferos. E a menor taxa diária de oviposição de *A. tamatavensis*, na menor densidade de ovos de *B. tabaci* comparativamente as restantes densidades, se deve provavelmente a escassez de alimento para suprir todas as necessidades biológicas e fisiológicas incluindo para a reprodução em que o ácaro se limita a investir energia para a sobrevivência. Este fato se sustenta porque as fêmeas adultas encontravam-se acasaladas e segundo Fathipour et al. (2017) devido à maior taxa reprodutiva nesta fase, as fêmeas consomem um número significativamente maior de presas para compensar a perda de energia.

A taxa máxima de oviposição (1,4 ovos/dia) das fêmeas de *A. tamatavensis* alimentados com ovos de mosca-branca foi próxima ($\approx 1,6$ ovos/dia) a obtida por Cavalcante et al. (2017), no sexto dia após a emergência das fêmeas (11 dias de idade). Este resultado mostrou que *A. tamatavensis* pode se reproduzir e possivelmente se estabelecer em plantas de tomate quando alimentado com ovos de mosca-branca e tem potencial para sua utilização como agente de controle biológico deste inseto. A taxa máxima de oviposição diária obtida neste estudo é 54,2% do potencial reprodutivo da espécie, uma vez que estudos em condições laboratoriais desenvolvido por Massaro et al. (2016) para possível criação massal do ácaro predador *A. tamatavensis*, alimentado por ácaro Astigmatina *T. cracentiseta*, apresentou taxa de oviposição maior (2,6 ovos/fêmea/dia). Este fato indica que a qualidade nutricional das presas neste caso é limitante na obtenção de valor alto da taxa máxima diária de oviposição encontrado no modelo e corrobora os trabalhos de Carrillo et al. (2010) e Massaro et al. (2016) que sugeriram que ácaros são melhores recursos alimentares em comparação a outros tipos de presa.

Amblyseius tamatavensis tem sido estudado nos últimos anos com vista a sua utilização como agente de controle biológico de mosca-branca devido ao seu elevado potencial (CAVALCANTE et al., 2015b, 2017; MASSARO et al., 2016; MASSARO; MORAES, 2019). Neste estudo visava-se inicialmente fornecer informação sobre a preferência por estágios imaturos de mosca-branca e a resposta funcional e numérica (relação predador-presa) com vista à sua utilização para o controle biológico de mosca-branca em tomate, cultivo no qual este predador pouco foi avaliado. Este estudo mostrou em função do tipo de resposta funcional e estágio

de presas preferido pelo predador (taxas de consumo e oviposição) que a liberação do ácaro, no momento inicial de infestação da mosca-branca, quando a praga estiver em baixa densidade populacional, pode exercer um eficiente controle. Assim, este predador é um potencial candidato para ser utilizado como agente de controle biológico aplicado, embora estudos em condições de campo para determinar seu desempenho em plantas com tricomas glandulares, típicas na cultura do tomate, e taxas de liberação serão fundamentais para alicerçar futuros programas de controle biológico aplicada da mosca-branca.

5. Referências

ALFAIA, J. P.; MELO, L. L.; MONTEIRO, N. V.; LIMA, D. B.; MELO, J. W. S. Functional response of the predaceous mites *Amblyseius largoensis* and *Euseius concordis* when feeding on eggs of the cashew tree giant whitefly *Aleurodicus cocois*. **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, n. 8, p. 1559–1566, 2018.

BARBOSA, L. F.; YUKI, V. A.; MARUBAYASHI, J. M.; MARCHI, B. R.; PERINI, F. L.; PAVAN, M. A.; BARROS, D. R.; GHANIM, M.; MORIONES, E.; NAVAS-CASTILLO, J.; KRAUSE-SAKATE, R. First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 501–504, 2015.

BARBOSA, M. F. C.; POLETTI, M.; POLETTI, E. C. Functional response of *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Mesostigmata: Phytoseiidae) to eggs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on five host plants. **Biological Control**, v. 138, n. 104030, p. 1–5, 2019.

BENGTSSON, J. Biological control as an ecosystem service: Partitioning contributions of nature and human inputs to yield. **Ecological Entomology**, v. 40, n. 1, p. 45–55, 2015.

BLACKWOOD, J. S.; SCHAUSBERGER, P.; CROFT, B. A. Prey-stage preference in generalist and specialist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. **Environmental**

Entomology, v. 30, n. 6, p. 1103–1111, 2001.

CAMPBELL, B. C.; STEPHEN-CAMPBELL, J. D.; GILL, R. Origin and radiation of whiteflies: an initial molecular phylogenetics assessment. In: GERLING, D.; MAYER, R. T. (Eds.). **Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management**. 1. ed. UK: Intercept, 1995. p. 29–52.

CARRILLO, D.; PEÑA, J. E.; HOY, M. A.; FRANK, J. H. Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. **Experimental and Applied Acarology**, v. 52, n. 2, p. 119–129, 2010.

CAVALCANTE, A. C. C.; MANDRO, M. E. A.; PAES, E. R.; MORAES, G. J. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 43, n. 1, p. 10–15, 2017.

CAVALCANTE, A. C. C.; SANTOS, V. L. V.; ROSSI, L. C.; MORAES, G. J. Potential of five Brazilian populations of Phytoseiidae (Acari) for the biological control of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 1, p. 29–33, 2015.

DÖKER, İ.; HERNANDEZ, Y. V.; MANNION, C.; CARRILLO, D. First report of *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) in the United States of America. **International Journal of Acarology**, v. 44, n. 2–3, p. 101–104, 2018.

ESASHIKA, D. A. S.; MICHEREFF-FILHO, M.; BASTOS, C. S.; INOUE-NAGATA, A. K.; DIAS, A. M.; RIBEIRO, M. G. P. M. Suscetibilidade de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B a inseticidas. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 189–195, 2016.

FATHIPOUR, Y.; KARIMI, M.; FARAZMAND, A.; TALEBI, A. A. Age-specific functional response and predation rate of *Amblyseius swirskii* (Phytoseiidae) on two-spotted spider mite. **Systematic and Applied Acarology**, v. 22, n. 2, p. 159, 2017.

FATHIPOUR, Y.; KARIMI, M.; FARAZMAND, A.; TALEBI, A. A. Age-specific functional response and predation capacity of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae) on the two-spotted spider mite. **Acarologia**, v. 58, n. 1, p. 31–40, 2018.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P. G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. **Annual Review of Entomology**, v. 57, n. 1, p. 205–227, 2012.

HOLLING, C. S. Some characteristics of simple types of predation. **The Canadian Entomologist**, v. 91, n. 7, p. 385–398, 1959.

HOLLING, C. S. The Functional Response of Invertebrate Predators to Prey Density. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 98, n. S48, p. 5–86, 1966.

HOOGERBRUGGE, H.; CALVO, J.; VAN HOUTEN, Y.; BELDA, J. E.; BOLCKMANS, K. Biological control of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* with the predatory mite *Amblyseius swirskii* in sweet pepper crops. **International Organisation for Biological and Integrated Control**, v. 28, p. 119–122, 2005.

JULIANO, S. A. Nonlinear Curve Fitting: predation and functional response curves. In: SCHEINER, S. M.; GUREVITCH, J. (Eds.). **Design and analysis of ecological experiments**. 1. ed. New York: Chapman and Hall, 1993. p. 159–183.

KAZAK, C.; KARUT, K.; DOKER, I. Indigenous populations of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae): single and combined releases against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on greenhouse eggplant. **International Journal of Acarology**, v. 41, n. 2, p. 108–114, 2015.

KNAPP, M.; VAN HOUTEN, Y.; HOOGERBRUGGE, H.; BOLCKMANS, K. *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent: Literature review and new findings. **Acarologia**, v. 53, n. 2, p. 191–202, 2013.

MA, W.; LI, X.; DENNEHY, T. J.; LEI, C.; WANG, M.; DEGAIN, B. A.; NICHOLS, R. L. Pyriproxyfen Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) Biotype B: Metabolic Mechanism. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 1, p. 158–165, 2010.

MANLY, B. F. J. A model for certain types of selection experiments. **Biometrics**, v. 30, n. 2, p. 281–294, 1974.

MASSARO, M.; MORAES, G. J. Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Acarologia**, v. 59, n. 2, p. 282–284, 2019.

MASSARO, M.; MARTIN, J. P. I.; MORAES, G. J. Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 70, n. 4, p. 411–420, 2016.

MCMURTRY, J. A.; SCRIVEN, G. T. Insectary Production of Phytoseiid Mites. **Journal of Economic Entomology**, v. 58, n. 2, p. 282–284, 1965.

MORAES, L. A.; MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; GHANIM, M.; BELLO, V. H.; MARCHI, B. R.; BARBOSA, L. F.; BOYKIN, L. M.; KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M. A. New invasion of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in Brazil associated to ornamental plants. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 517–525, 2017.

NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Phytoseiid predator of whitefly feeds on plant tissue. **Experimental and Applied Acarology**, v. 31, n. 1–2, p. 27–36, 2003a.

NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Phytoseiid predators of whiteflies feed and reproduce on non-prey food sources. **Experimental and Applied Acarology**, v. 31, n. 1–2, p. 15–26, 2003b.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1–2, p. 1–15, 2013.

SABELIS, M. W. Predator-prey interaction: predation on spider mites. In: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (Eds.). **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 1985. p. 103–129.

SAS INSTITUTE. **Stat user's Guide version 9.4 SAS Institute Inc., Cary, Cary**, 2015.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A.; ALVARENGA, M. A. R. Pragas. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. p. 359–412.

SILVA, V. F.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; NETO, A. C. G.; MACIEL, G. M.; NÍZIO, D. A. C.; SILVA, V. A. Resistência mediada por aleloquímicos de genótipos de tomateiro à mosca-branca e ao ácaro-rajado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1262–1269, 2009.

SOLEYMANI, S.; HAKIMITABAR, M.; SEIEDY, M. Food preference of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on different stages of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Bemisia tabaci*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 5, n. 1, p. 63–70, 2016 a.

SOLEYMANI, S.; HAKIMITABAR, M.; SEIEDY, M. Prey preference of predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Biocontrol Science**

and Technology, v. 26, n. 4, p. 562–569, 2016 b.

SOLOMON, M. E. The natural control animal populations. **The Journal of Animal Ecology**. v. 18, n. 1, p. 1–35, 1949.

TOGNI, P. H. B.; VENZON, M.; SOUZA, L. M.; SANTOS, J. P. C. R.; SUJII, E. R. Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 393–403, 2019.

XIAO, Y.; FADAMIRO, H. Y. Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, v. 53, n. 3, p. 345–352, 2010.

XIAO, Y.; OSBORNE, L. S.; CHEN, J.; MCKENZIE, C. L. Functional responses and prey-stage preferences of a predatory gall midge and two predacious mites with twospotted spider mites, *Tetranychus Urticae*, as host. **Journal of Insect Science**, v. 13, n. 8, p. 1–12, 2013.

CAPÍTULO 4 - Eficiência do ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* no controle de *Bemisia tabaci*

RESUMO – A possibilidade de utilização do ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) como agente de controle biológico de mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) tem merecido destaque através de estudos que visam avaliar o seu potencial nos últimos tempos. O tomateiro apresenta tricomas glandulares, que colocam em dúvida a utilização desse ácaro para o controle de mosca-branca nesta cultura. O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência de *A. tamatavensis* no controle de *B. tabaci* sobre plantas de tomate. Para tanto, dois experimentos foram conduzidos em gaiolas, o primeiro entre os meses de dezembro de 2018 a janeiro de 2019 e o segundo entre fevereiro a março de 2019. Nos dois experimentos foi usado o Delineamento em Blocos Casualizados em esquema fatorial. Os tratamentos consistiram na combinação de dois fatores: a) momentos de liberação dos predadores com dois níveis (liberação do predador no 1º e 8º dia após a infestação inicial de *B. tabaci*) e b) três densidades dos predadores - 0 (sem liberação), 26 ácaros/m² e 78 ácaros/m². Os resultados mostram que a liberação do ácaro predador *A. tamatavensis* no início da infestação é fundamental para um controle eficaz de mosca-branca *B. tabaci*. A liberação de 26 indivíduos de *A. tamatavensis*/m² teve o mesmo nível de controle com liberação de 78 *A. tamatavensis*/m². Com estes resultados, estão criadas as bases para um controle biológico de *B. tabaci* utilizando o ácaro predador *A. tamatavensis*.

Palavra-chave: Tomateiro, controle biológico, taxa de liberação, momento de liberação.

Efficiency of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* in the control of *Bemisia tabaci*

ABSTRACT – The possibility of using the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) has been highlighted through recent studies aiming to evaluate its potential. The tomato has glandular trichomes, which may jeopardize the use of this mite to control whitefly in this crop. The objective of this study was to evaluate the efficiency of *A. tamatavensis* in controlling *B. tabaci* on tomato crops. Therefore, two experiments were conducted in cages, the first between December, 2018 and January, 2019 and the second between February and March, 2019. The randomized complete block design in a factorial scheme was used. Treatments consisted of a combination of two factors: a) predator release times with two levels (predator release on the 1st and 8th day after *B. tabaci* initial infestation) and b) three predator densities - 0 (no release), 26 mites/m² and 78 mites/m². The results show that the release of the predatory mite *A. tamatavensis* at the beginning of the fundamental infestation for effective control of whitefly *B. tabaci*. The release of 26 *A. tamatavensis* individuals/m² had the same level of control with the release of 78 *A. tamatavensis*/m². With these results, the basis for a biological control of *B. tabaci* using the predatory mite *A. tamatavensis* is established.

Keyword: Tomato, biological control, release rate, time of release.

1. Introdução

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B é uma praga de extrema importância para o tomateiro (OLIVEIRA et al., 2013) e diversas outras culturas agrícolas e ornamentais no mundo (ESASHIKA et al., 2016a). O controle de mosca-branca é realizado principalmente com aplicação de inseticidas. Todavia, tem se verificado com frequência em cultivo de hortaliças no Brasil, o uso exagerado dessa estratégia de controle, chegando-se a realizar até cinco aplicações semanais e 80 por cultivo (PICANÇO et al., 2014). A utilização exclusiva do controle químico pode trazer prejuízos, poluição ambiental e causar intoxicação ao homem (PICANÇO et al., 2014). Para minimizar os efeitos negativos resultantes do uso excessivo de produtos químicos, busca-se a utilização de estratégias de manejo em que o controle biológico pode ser um componente de grande importância (CAMPBELL; STEPHEN-CAMPBELL; GILL, 1995; BENGTSSON, 2015; TOGNI et al., 2019).

Recentemente, Togni et al. (2019) analisaram a importância das componentes da biodiversidade (parasitismo, predação e patógeno) para o controle biológico de *B. tabaci* e identificaram a predação como principal fator natural de mortalidade deste em fazendas do Brasil que utilizam diferentes estratégias de manejo. Alonso (2012), no estudo de tabela de vida ecológica de mosca-branca em cultivo protegido em tomate, observou a predação de imaturos de mosca-branca por ácaros da família Phytoseiidae (*Euseius* sp.), apesar que esses ácaros não representaram fator natural chave de mortalidade. Ainda, em outros países, os ácaros fitoseídeos *A. swirskii*, *Euseius gallicus* Kreiter; Tixier e *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) são ácaros predadores generalistas utilizados comercialmente para o controle biológico de *B. tabaci* e em programas de manejo integrado de pragas (NOMIKOU et al., 2003a; HOOGERBRUGGE et al., 2005; GERSON; WEINTRAUB, 2012; KNAPP et al., 2013). A primeira tentativa para se avaliar espécies promissoras de ácaros predadores (Phytoseiidae) para o controle de *B. tabaci* biótipo B no Brasil foi realizada por Cavalcante et al. (2015). Estes autores avaliaram a espécie *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Phytoseiidae), introduzida no Brasil, mas mantida em ambiente confinado, com outros ácaros já relatados no país: *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor), *Amblyseius herbicolus* (Chant), *Amblyseius*

largoensis Muma, *Amblyseius tamatavensis* Blommers e *Neoseiulus tunus* (De Leon). O ácaro introduzido foi tão promissor quanto o ácaro predador nativo *A. tamatavensis*. Este último ocasionou a redução de 60 a 80% nas densidades de mosca-branca em plantas jovens de pimentão (CAVALCANTE et al., 2017). Ainda, este ácaro pode ser facilmente criado para fins comerciais (MASSARO; MARTIN; MORAES, 2016). Outros estudos também confirmaram que *A. tamatavensis* se mostrou promissor para o controle de *B. tabaci* biótipo B em plantas de pimentão (MASSARO, 2019), algodão, batata, feijão, melão e tomate (BARBOSA; POLETTI; POLETTI, 2019). Apesar do potencial de *A. tamatavensis* sua eficiência pode ser afetada com a textura da superfície foliar, como é com a presença de tricomas glandulares em tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (BARBOSA; POLETTI; POLETTI, 2019). Este ácaro foi relatado nos Estados Unidos da América associada a *Trialeurodes abutiloneus* (Haldeman) (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas de *Laportea aestuans* (Urticaceae) que apresenta alta densidade de tricomas glandulares e não glandulares (DÖKER et al., 2018).

Diante disto, a avaliação de eficiência de *A. tamatavensis* no controle de *B. tabaci* em tomateiro precisa ser realizada e foi o objetivo deste trabalho. Este ácaro predador poderá complementar a ação de outros inimigos naturais identificados por Togni et al. (2018) e Alonso (2012) no controle biológico da mosca-branca em tomateiro. Com isso, pretende-se ampliar as possibilidades de agentes de controle biológico para a mosca-branca e, desta forma, amenizar os problemas oriundos do controle químico adotados quase que exclusivamente para o controle da praga em tomateiro.

2. Material e métodos

2.1. Local

O estudo foi conduzido em gaiolas na área experimental do Departamento de Fitossanidade, Câmpus de Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo (21°23'S e 48°29'O). Dois experimentos foram conduzidos no verão em duas épocas

consecutivas, a primeira entre dezembro de 2018 e janeiro de 2019 e a segunda entre fevereiro a março de 2019.

As dimensões de cada gaiola eram de 3,0 x 3,0 x 1,8 m (c x l x h), sendo construídas com mourões de eucalipto e cobertas com tela anti-afídeo de 25 mesh, com vista a restringir a entrada de artrópodes. Estas foram cobertas com plástico de 100 µm de espessura, para evitar ação direta da chuva que poderia proporcionar ambiente favorável ao desenvolvimento de fitopatógenos. O acesso à gaiola foi possível através de uma abertura mantida fechada com zíper.

2.2. Plantas e práticas culturais

Sementes de tomate do cultivar híbrido Santyno F1 (Grupo Santa Cruz) foram semeadas em bandejas de 128 células contendo substrato orgânico (Plantmax®). Os transplântio foi realizado quando as plantas tinham 4 - 5 folhas verdadeiras para vasos de 5 L. Quinze plantas foram dispostas em três fileiras, adotando-se o espaçamento de 0,5 cm entre plantas e 0,9 cm entre fileiras, correspondente a uma densidade de 22.222 plantas/ha.

As técnicas de cultivo foram típicas para esta hortaliça na região e sem aplicação de pesticidas: as plantas foram conduzidas individualmente com duas hastes por planta (haste principal e haste secundária abaixo da primeira inflorescência) e tutoradas com o uso de estacas individuais na vertical (ALVARENGA; COELHO, 2013). As plantas foram adubadas com 300 kg/ha do adubo composto (N₈:P₂₆:K₁₆) e irrigadas por gotejamento diariamente durante 3 horas sempre que a umidade do solo fosse baixa.

2.3. Mosca-branca

Adultos de *B. tabaci* foram obtidos de uma criação existente no Departamento de Fitossanidade da FCAV mantidas em plantas de couve e tomate. A identificação do biótipo foi feita com o uso de técnicas de caracterização molecular de marcadores microssatélites através da análise de PCR com primers BEM23 (Moraes et al., 2017).

A partir da criação de manutenção, foram coletados aproximadamente 200 adultos, com auxílio de ponteira de micropipeta (1 mL) acoplada a uma mangueira

flexível (0,5 cm de diâmetro) usadas como aspirador e acondicionadas em frascos individualizadas para cada gaiola. Para tanto, a população de mosca-branca foi coletada de uma única colônia, com razão sexual enviesada para 1:1. Para facilitar a estimativa, após a coleta, os adultos de mosca-branca foram mantidos a 8° C para facilitar a contagem (CALVO; BOLCKMANS; BELDA, 2011). Estas foram liberadas nove (21/12/2018) e dez (18/02/2019) dias após o transplante (DAT) na primeira e segunda épocas, respectivamente, a uma taxa de 30 adultos por m², de modo que houvesse uma distribuição uniforme entre as plantas.

2.4. Ácaro predador

A população do ácaro predador *A. tamatavensis* foi obtida de criações de manutenção do Departamento de Entomologia e Acarologia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP e mantidas em arenas semelhantes as descritas por McMurtry e Scriven (1965) alimentados por ácaros *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes e suplementados duas vezes por semana com pólen de *Typha domingensis* Persoon (Typhaceae), em condições de laboratório. Os ácaros predadores foram contabilizados e acondicionados em sachê (5 x 5 cm) contendo a mistura dos ácaros predadores e 2 g de farelo de trigo, levedo e ácaros Astigmatina como alimento. Os sachês foram confeccionados com folha de Etil Vinil Acetato (E.V.A) de 5 x 10 cm, dobrados ao meio perpendicularmente ao comprimento e grampeados nas laterais e no topo após a colocação dos ácaros.

Após 24 h da infestação por mosca-branca, foi feita a primeira liberação do predador, isto aos 10 e 11 DAT (primeira época: 22/12/2018; segunda época: 19/02/2019) e a segunda aos 17 e 18 DAT (primeira época: 29/12/2018; segunda época: 26/02/2019). A liberação do predador foi através de abertura do sachê. Parte dos ácaros contidos no sachê foram liberados em uma folha do terço mediano de uma planta e o remanescente foi colocado na folha do terço mediano de uma das plantas adjacentes (Figura 1).

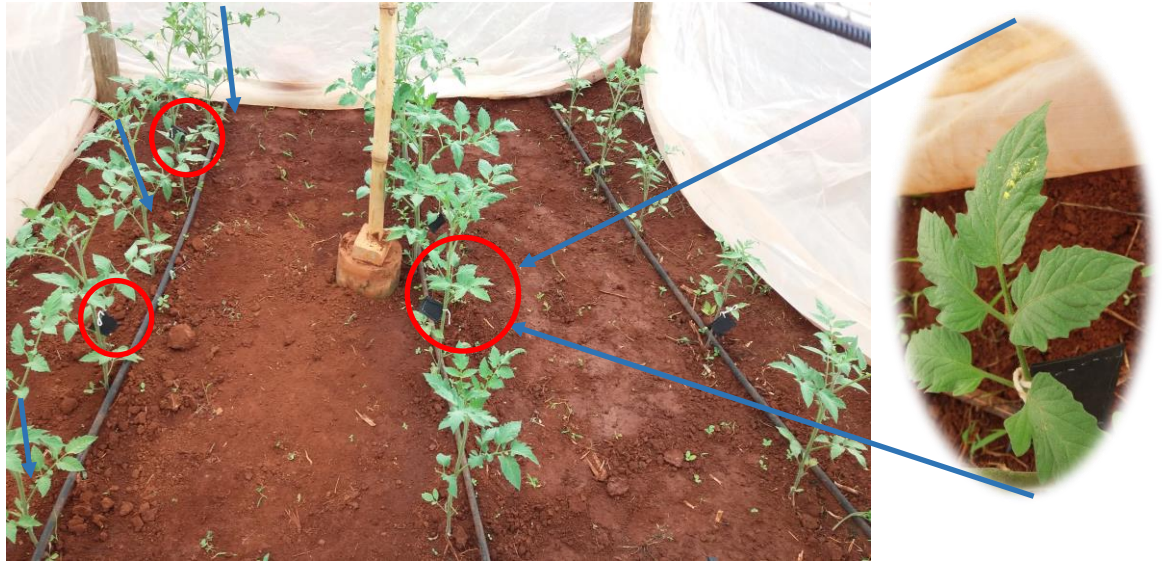


Figura 1: Plantas de tomateiro indicando plantas com liberação do ácaro predador *A. tamatavensis*. As setas ilustram somente os locais de liberação na planta e os círculos indicam a posição do sachê nas plantas. O destaque mostra a folha de tomateiro com o sachê.

Cada liberação do predador foi antecedida das amostragens de adultos e imaturos de mosca-branca com auxílio de uma lupa a 15X para uma avaliação prévia da densidade populacional de *B. tabaci* nas plantas de tomateiro. Em cada planta foi polvilhado cerca de 4 mg de pólen de *T. domingensis* num folíolo do terço médio da planta (Figura 2) logo após a liberação dos ácaros e após cada avaliação do experimento (CAVALCANTE et al., 2017) a fim de complementar o recurso alimentar dos predadores.



Figura 2: Folíolo do terço médio do tomateiro contendo Pólen de *T. domingensis*.

2.5. Desenho experimental

Os experimentos foram realizados usando o Delineamento em Blocos Casualizados em esquema fatorial. Os tratamentos consistiram na combinação de dois fatores. O primeiro fator correspondeu aos momentos de liberação dos predadores: liberação do predador 1 ou 8 dias após a infestação (DAI) com *B. tabaci*; o segundo fator envolveu as densidades do predador: 0 (sem liberação), 26 ácaros/m² e 78 ácaros/m², correspondentes a aproximadamente 0, 12 e 35 predadores por planta. A densidade de 26 ácaros/m² foi calculada com base no experimento de resposta funcional e a de 78 ácaros/m² foi três vezes a densidade determinada. O experimento da primeira época teve quatro repetições e seis tratamentos (3x2) enquanto o da segunda época foi constituído por cinco repetições e cinco tratamentos (2 x 2 + 1). Foi adotada a seguinte simbologia para os tratamentos: M1D0, sem liberação de predadores um dia após infestação (DAI) com *B. tabaci*; M1D26, liberação de 26 predadores/m² um DAI por *B. tabaci*; M1D78, liberação de 78 predadores/m² oito DAI por *B. tabaci*; M8D0, sem liberação de predadores oito DAI de *B. tabaci*; M8D26, liberação de 26 predadores/m² oito DAI por *B. tabaci* e M8D78, liberação de 78 predadores/m² oito DAI por *B. tabaci*.

2.6. Avaliação

Realizaram-se avaliações semanais de imaturos e adultos de mosca-branca e do predador nas gaiolas durante quatro semanas. Para tanto, em cada gaiola, foram examinados três folíolos de tomate localizados no terço inferior, mediano e superior (CALVO; BOLCKMANS; BELDA, 2011) de cinco plantas (pontos amostrais) por unidade amostral escolhidas ao acaso. Para contagem dos adultos presentes na face abaxial dos folíolos contou-se com auxílio de um espelho para evitar a fuga de adultos de mosca-branca (CALVO; BOLCKMANS; BELDA, 2011). Após a contagem dos adultos, os folíolos foram retirados e levados ao laboratório para contabilização de imaturos de *B. tabaci* (ovos e ninfas do primeiro ao quarto instar) e do ácaro *A. tamatavensis* (larva, protoninfa, deutoninfa e adultos) com auxílio de estereomicroscópio. Na última avaliação, foram destacadas todas as folhas de três plantas por gaiola e examinadas sob estereomicroscópio. Os predadores foram

coletados e montados em meio de Hoyer para identificação. A temperatura e a umidade relativa foram registradas diariamente, a cada 30 s, em uma das gaiolas.

2.7. Análise estatística

Os dados da densidade populacional de mosca-branca foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variância e ajustados através da escolha da melhor estrutura de variância e covariância. Posteriormente foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e comparação de médias dos diferentes tratamentos através do teste de TUKEY a 5%. As análises foram realizadas usando medidas repetidas no tempo, através do procedimento PROC MIXED (SAS Institute, 2015). Foi utilizada a fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925) para representar a porcentagem de redução de população de moscas brancas causada pela predação de *A. tamatavensis*.

3. Resultados

3.1. Condições ambientais

A Tabela 1 ilustra as condições de temperatura e umidade relativa do ar durante a condução dos experimentos.

Tabela 1: Temperatura e umidade relativa do ar, médias semanais, determinadas através dos registros no interior das gaiolas, após a infestação de *B. tabaci* e liberação do predador *A. tamatavensis*, nas duas épocas.

Datas	Época	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)		
		Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
22/12/2018	I	19,3	28,3	50,0	19,0	78,2	100,0
29/12/2018	I	20,6	30,3	49,3	29,0	74,6	100,0
05/01/2019	I	20,1	30,2	47,7	29,5	72,8	100,0
12/01/2019	I	19,8	29,1	43,8	34,7	77,2	100,0
19/01/2019	I	21,2	28,7	45,6	36,3	78,9	100,0
19/02/2019	II	19,8	28,9	47,8	31,2	76,3	100,0
26/02/2019	II	20,1	27,0	44,7	33,3	80,8	100,0
05/03/2019	II	19,8	29,7	48,5	25,2	74,4	100,0
12/03/2019	II	20,3	29,2	45,4	33,8	76,9	100,0
19/03/2019	II	20,7	26,6	45,0	32,4	74,7	100,0

3.2. Densidade populacional de ovos de *Bemisia tabaci*

A liberação do ácaro predador *A. tamatavensis* proporcionou redução significativa da população de ovos de mosca-branca *B. tabaci*. Os resultados da análise de variância demonstraram que houve uma interação significativa dos tratamentos e DAI com mosca-branca (Primeira época: $F_{1,72} = 4,85$; $P < 0,0001$; segunda época: $F_{1,80} = 3,63$; $P < 0,0001$).

Na primeira época, para ambos tratamentos sem a liberação do predador (M1D0 e M8D0), o número de ovos de mosca-branca foi 2,0 e 4,6 (15,9 e 22,54 ovos/folíolo) vezes maior que o número inicial (4,92 e 7,87 ovos/folíolo) (M1D0: $F_{4,72} = 16,06$; $P < 0,0001$; M8D0: $F_{4,72} = 9,93$; $P < 0,0001$) (Figura 3 A). Nos outros tratamentos o número de ovos de mosca-branca foi mantido sempre baixo e proporcionaram no final das avaliações reduções de 94,4, 93,5, 89,7 e 85,8% da população de ovos de *B. tabaci* para os tratamentos M1D26, M1D78, M8D26 e M8D78, respectivamente.

Na segunda época, o aumento do número de ovos de mosca-branca tendeu a ocorrer mais precocemente, sendo na segunda avaliação bem maior nos tratamentos em que o predador não havia sido liberado (M1D0 = 25,81 ovos/folíolo, M8D26 = 21,04 ovos/folíolo e M8D78 = 32,91 ovos/folíolo) (Figura 3 B). O número de ovos continuou mais alto no tratamento sem liberação do predador nas três avaliações seguintes. Neste tratamento, o número foi 5,1 vezes maior (16,71 ovos/folíolo) na avaliação final que na avaliação inicial (3,3 ovos/folíolo) (M1D0: $F_{4,80} = 7,09$; $P < 0,0001$). Nos outros tratamentos os números iniciais e finais foram aproximadamente os mesmos (M1D26: $F_{4,80} = 0,28$; $P = 0,8929$; M1D78: $F_{4,80} = 0,10$; $P = 0,9811$) (Figura 3 B). A eficiência de controle de ovos de *B. tabaci* foi de 91,9; 90,6; 85,4 e 72,5% para os tratamentos M1D26, M1D78, M8D26 e M8D78, respectivamente.

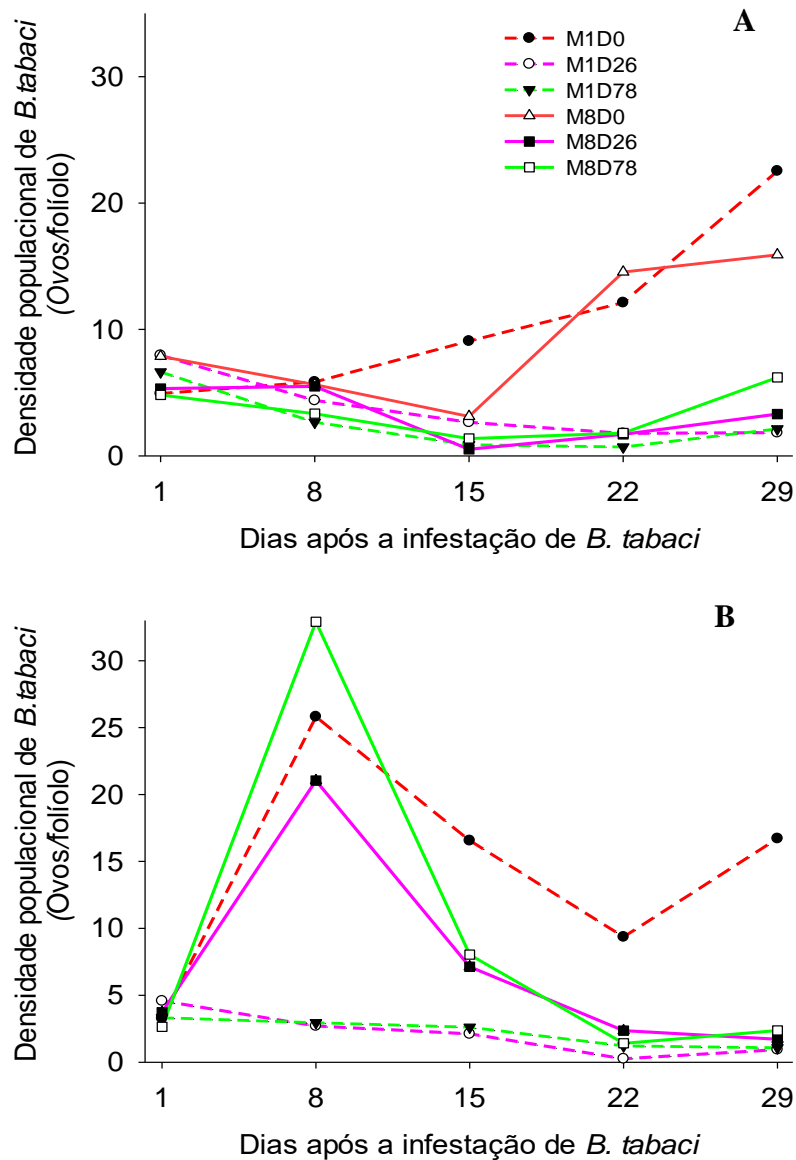


Figura 3: Número médio de ovos de *B. tabaci* por folíolo de tomateiro em diferentes dias após infestação de populações de *B. tabaci* em gaiolas. (A) primeira época, (B) segunda época. M1D0, sem liberação de predadores; M1D26, liberação de 26 predadores/m² um dia após a infestação; M1D78, liberação de 78 predadores/m² um dia após a infestação; M8D0, sem liberação de predadores; M8D26, liberação de 26 predadores/m² oito dias após a infestação e M8D78, liberação de 78 predadores/m² oito dias após a infestação.

3.3. Densidade populacional de ninfas de *Bemisia tabaci*

De forma semelhante ao observado para ovos de mosca-branca, o ácaro predador *A. tamatavensis* proporcionou menor abundância de ninfas de *B. tabaci* em ambas épocas (Figura 4 A.1-B.4). Para efeitos de análise foram considerados somente as datas onde foram observados os instares de *B. tabaci* correspondentes.

Os resultados da análise de variância dos dados de nível populacional de ninfas (1^o, 2^o, 3^o, e 4^o instares) de mosca-branca mostraram que houve diferenças significativas para as variáveis: tratamentos (1^o instar, primeira época: $F_{5,15} = 7,9$; $P = 0,0008$; 2^o instar, segunda época: $F_{4,16} = 11,62$; $P = 0,0001$; 3^o instar, primeira época: $F_{5,15} = 5,58$; $P = 0,0042$ e 4^o instar, primeira época: $F_{1,15} = 7,15$; $P = 0,0013$), os dias após infestação (1^o instar, primeira época: $F_{3,54} = 6,26$; $P = 0,0010$; 2^o instar, segunda época: $F_{3,60} = 3,36$; $P = 0,0243$; 3^o instar, primeira época: $F_{3,54} = 12,30$; $P < 0,0001$ e 4^o instar, primeira época: $F_{2,36} = 14,96$; $P < 0,0001$) e a interação entre eles (1^o instar, segunda época: $F_{12,60} = 3,69$; $P = 0,0004$; 2^o instar, primeira época: $F_{15,54} = 2,48$; $P = 0,0075$; 3^o instar, segunda época: $F_{12,60} = 2,66$; $P = 0,0062$ e 4^o instar, segunda época: $F_{12,80} = 2,28$; $P = 0,0182$).

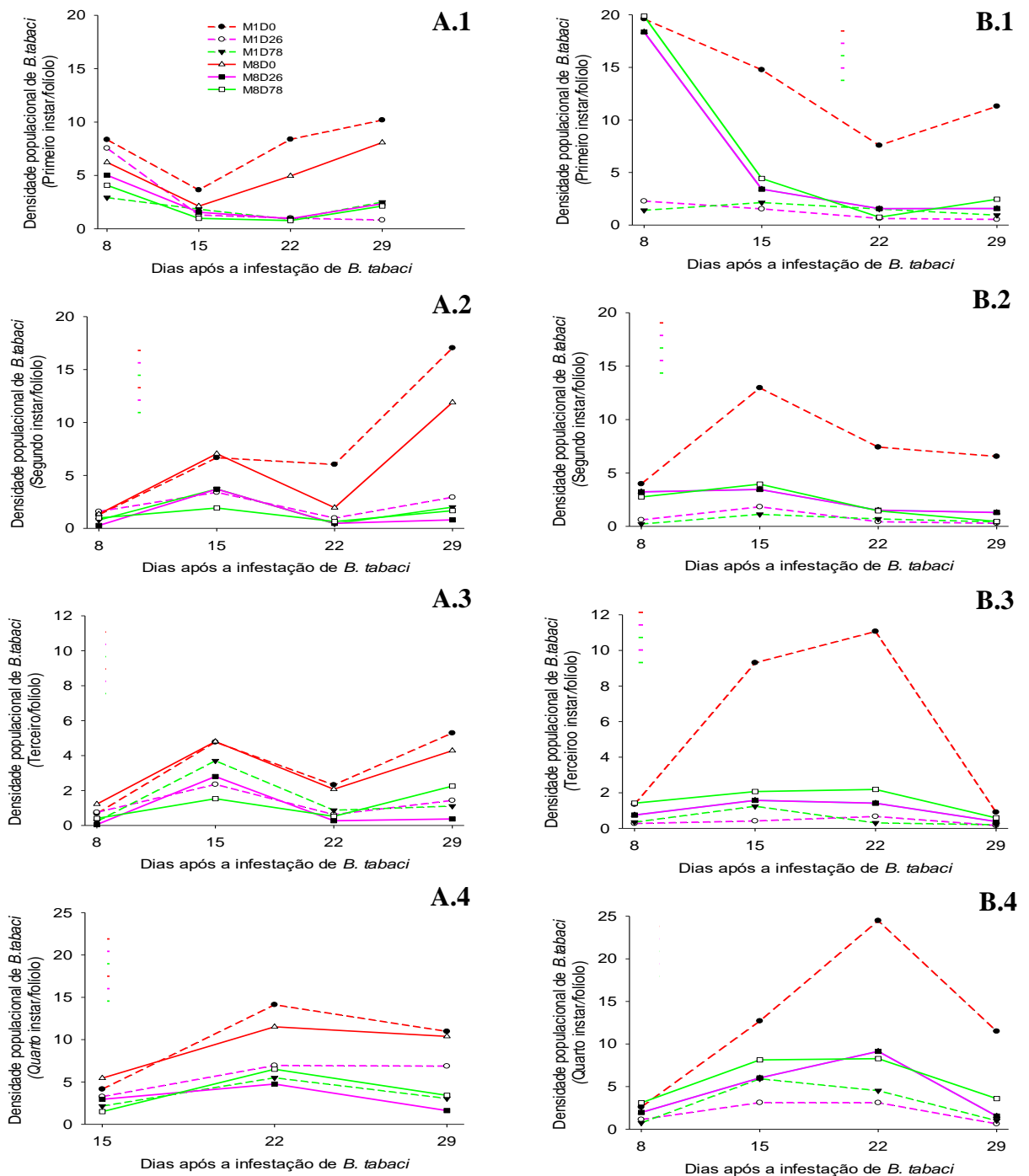


Figura 4: Número médio de ninfas de *B. tabaci* por folheto de tomateiro em diferentes dias após infestação de *B. tabaci* em gaiolas. (A) 1ª época, (B) 2ª época. 1,2,3 e 4, ninfas do 1º, 2º, 3º, e 4º instar, respectivamente. M1D0, sem liberação de predadores; M1D26, liberação de 26 predadores/m² um dia após a infestação; M1D78, liberação de 78 predadores/m² um dia após a infestação; M8D0, sem liberação de predadores; M8D26, liberação de 26 predadores/m² oito dias após a infestação e M8D78, liberação de 78 predadores/m² oito dias após a infestação.

As curvas de densidade populacional de ninfas de primeiro instar de *B. tabaci* na primeira e segunda época (Figura 4 A.1 e B.1) mostram que a liberação de *A. tamatavensis* manteve as populações de ninfas do primeiro instar abaixo do nível observado nos tratamentos sem liberação do ácaro. Aos 29 dias após infestação de mosca-branca na primeira época, a liberação do predador proporcionou redução de 94,4%, 93,5%, 89,7% e 85,8% da população de ninfas de primeiro instar de *B. tabaci* para os tratamentos M1D26, M1D78, M8D26 e M8D78, respectivamente. Na segunda época foram obtidas as seguintes eficiências de controle na presença de *A. tamatavensis*: M1D26 = 92,0%, M1D78 = 75,5%, M8D26 = 76,9% e M8D78 = 79,1%. A liberação do predador no início da infestação um DAI com mosca-branca, manteve densidades populacionais de ninfas do primeiro instar ao mesmo nível ao longo de todo o período de avaliação do experimento da segunda época (M1D26 = 0,53 – 2,28 ninfas/folículo, $F_{3,60} = 0,14$; $P = 0,9342$ e M1D78 = 0,93 – 1,4 ninfas/folículo, $F_{3,60} = 0,05$; $P = 0,9846$). Contrariamente, isto não foi observado quando a liberação do predador aconteceu 7 dias após a primeira liberação, o ácaro predador reduziu significativamente a população de ninfas do primeiro instar a partir dos 15 DAI por mosca-branca (M8D26 = 1,57 – 18,37 ninfas/folículo, $F_{3,60} = 13,86$; $P < 0,0001$ e M1D78 = 2,45 – 19,88 ninfas/folículo, $F_{3,60} = 16,19$; $P < 0,0001$) (Figura 4 B.1).

Para o segundo instar, à semelhança do observado com ninfas do primeiro, a presença do ácaro predador *A. tamatavensis* manteve a densidade populacional de ninfas de *B. tabaci*, abaixo de níveis populacionais observados nos tratamentos sem liberação (Figura 4 A.2 e B.2). A redução populacional de ninfas do segundo instar de mosca-branca resultante do controle exercido pelo ácaro predador *A. tamatavensis* foi de M1D26 = 95,7%, M1D78 = 93,7%, M8D26 = 80,2% e M8D78 = 93,1% na primeira época e de 82,8, 88,3, 95,3, 90,2% para os tratamentos M1D26, M1D78, M8D26 e M8D78, respectivamente, para a segunda época.

A presença do predador nas gaiolas proporcionou, em média, menor densidade populacional de ninfas do terceiro instar nas duas épocas de condução dos experimentos (Figura 4 A.3 e B.3). A liberação do predador um DAI com mosca-branca na primeira safra, independentemente da taxa de liberação, apresentou maior redução de população de ninfas de terceiro instar de *B. tabaci* (M1D26 = 82,3, e M1D78 = 77,9%) comparativamente quando a liberação foi realizada 8 dias após a

infestação (M8D1 = 57,4% e M8D78 = 35,3%). Na segunda época, a redução de população de ninfas de terceiro instar de *B. tabaci* foi de 73, 79, 93 e 57% para os tratamentos M1D26, M1D78, M8D26 e M8D78, respectivamente.

Os tratamentos sem liberação de ácaro predador *A. tamatavensis*, na primeira e segunda épocas, em geral, apresentaram maior densidade populacional de ninfas do quarto instar de mosca-branca *B. tabaci* e a presença do ácaro predador reduziu significativamente a população de ninfas do quarto instar de *B. tabaci* (Segunda época: 22 DAI: $F_{4,60} = 11,28$; $P < 0,0001$; 29 DAI: $F_{4,60} = 3,19$; $P = 0,0192$) (Figura 4 A.4 e B.4). A redução populacional de ninfas do quarto instar na primeira época foi de 94,6, 91,3, 86,7 e 68,8% para os tratamentos M1D26, M1D78, M8D26 e M8D78, respectivamente. Na segunda época a redução populacional de ninfas de quarto instar aos 29 dias após infestação de mosca-branca em cada tratamento com liberação de ácaro predador foi de M1D26 = 41,6%, M1D78 = 63,5%, M8D26 = 68,1% e M8D78 = 60,90%.

3.4. Densidade populacional de adultos de *Bemisia tabaci*

Amblyseius tamatavensis proporcionou maior redução de adultos de *B. tabaci* em ambas épocas. Os resultados da análise de variância mostraram que o momento da liberação do predador após a infestação (Primeira época: $F_{4,72} = 63,33$; $P < 0,0001$) tem efeito significativo na abundância de adultos de *B. tabaci*. Pode haver também, em algumas situações, interação entre tratamentos e DAI da mosca branca (Segunda época: $F_{16,80} = 2,47$; $P = 0,0042$).

As curvas da densidade de infestação de adultos de mosca-branca *B. tabaci* ao longo do tempo na primeira época ilustram que a população de adultos de *B. tabaci* reduziu com a presença do ácaro predador *A. tamatavensis* (Figura 5 A). Em relação ao tratamento controle, a redução populacional de adultos de mosca-branca com a presença do ácaro predador aos 29 DAI de mosca-branca foi de 87, 76,7, 83,6 e 72,9 % para os tratamentos M1D26, M1D78, M8D26 e M8D78, respectivamente.

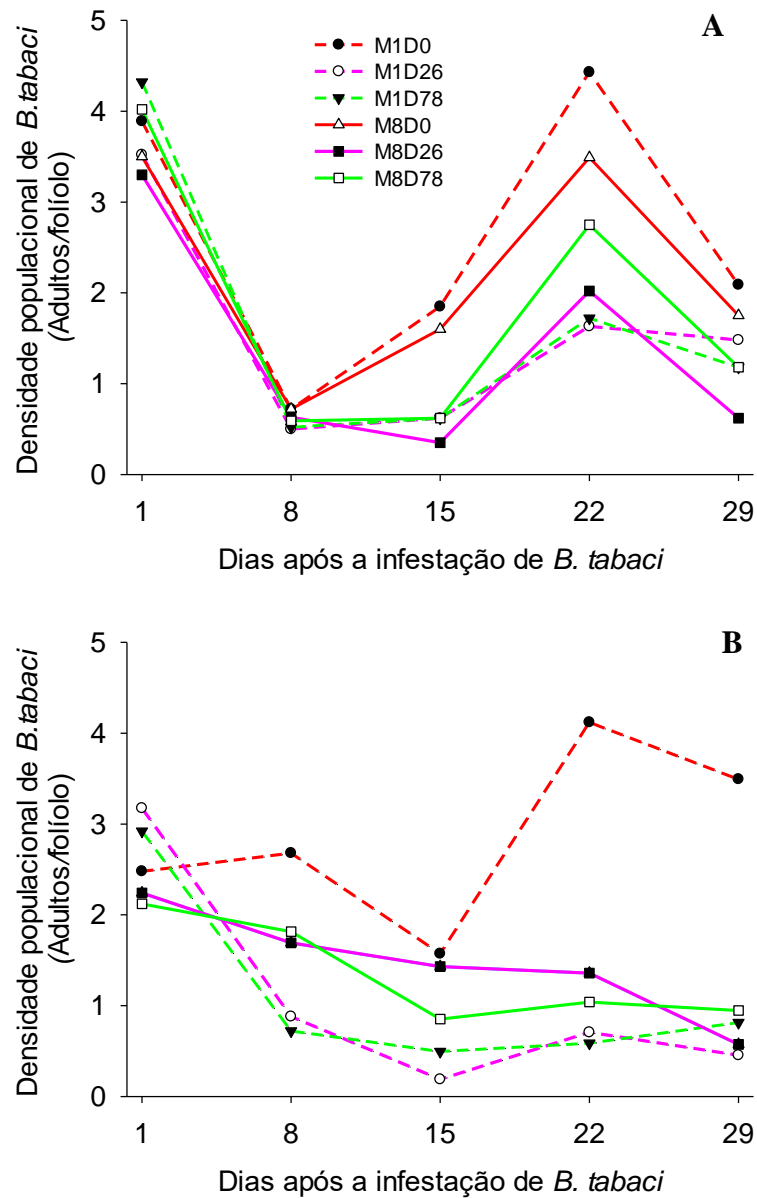


Figura 5: Número médio de adultos de *B. tabaci* por folíolo de tomateiro em diferentes dias após infestação de populações de *B. tabaci* em gaiolas. (A) primeira época, (B) segunda época. M1D0, sem liberação de predadores; M1D26, liberação de 26 predadores/m² um dia após a infestação; M1D78, liberação de 78 predadores/m² um dia após a infestação; M8D0, sem liberação de predadores; M8D26, liberação de 26 predadores/m² oito dias após a infestação e M8D78, liberação de 78 predadores/m² oito dias após a infestação.

No desdobramento entre tratamentos e DAI por *B. tabaci* para a segunda época, a liberação do ácaro predador 1 DAI com mosca-branca permitiu a redução significativa da população de adultos de *B. tabaci* independentemente da quantidade liberada (M1D26 = 87% e M1D78 = 76,7%) (Segunda época: M1D26: $F_{4,80} = 7,21$; $P < 0,0001$; M1D78: $F_{4,80} = 5,23$; $P = 0,0009$); essa redução corresponde a 7,7 e 4,3 menos adultos em relação a quantidade inicial. A liberação de ácaro predador aos 8 DAI por *B. tabaci* manteve a população de adultos de mosca-branca *B. tabaci* nos mesmos níveis populacionais ao longo dos tempos avaliados (Segunda época: M8D26: $F_{4,80} = 1,83$; $P = 0,1314$; M8D78: $F_{4,80} = 1,65$; $P = 0,1700$), representando uma redução em relação ao controle de 6,1 e 3,7 vezes para os tratamentos M8D26 (83,6%) e M8D78 (72,9%), respectivamente. O nível populacional de adultos de mosca-branca aos 29 DAI por mosca-branca na ausência do ácaro predador foi significativamente superior comparativamente aos tratamentos com liberação do ácaro (29 DAI: $F_{4,80} = 6,36$; $P = 0,0002$) (Figura 5 B).

3.5. Abundância absoluta de *Amblyseius tamatavensis*

O ácaro predador *A. tamatavensis* foi observado em todas os tratamentos com a liberados nas duas épocas de cultivo de tomateiro (Figura 6).

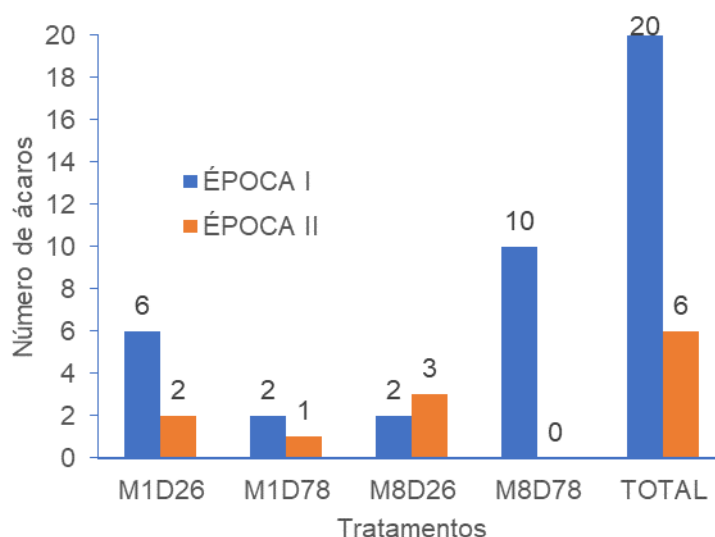


Figura 6: Número de ácaros predadores *A. tamatavensis* presentes por tratamentos encontrados durante as avaliações nas duas épocas.

3.6. Eficiência de *A. tamatavensis* no controle de *Bemisia tabaci*

A eficiência do ácaro predador *A. tamatavensis* no controle de população de mosca-branca *B. tabaci* em tomateiro aos 29 dias após a infestação, de cada época é apresentada na Tabela 2. Observa-se em geral uma menor eficiência de controle de ninfas de *B. tabaci* de terceiro instar (primeira época) e terceiro e de quarto instar (segunda época).

A eficiência de controle de população de ovos de *B. tabaci* pelo ácaro predador nos tratamentos teve o valor mínimo de 72,5% e 85,8% e máximo de 94,4% e 91,9% para a primeira e segunda épocas, respectivamente. A eficiência média de controle de imaturos (ninfas) pelo ácaro predador nos tratamentos variou de 68,9 a 92,0% e 71,9 a 72,3% na primeira época e segunda época, respectivamente. Este controle ocasionou uma eficiência no controle da população de adultos de 72,9 a 87% na primeira época e 29,2 a 70,3% na segunda época (Tabela 2).

Tabela 2: Eficiência (%) de *A. tamatavensis* no controle de adultos e imaturos de *Bemisia tabaci*

Tratamentos	ÉPOCA 1							ÉPOCA 2						
	Ovos	N1	N2	N3	N4	MI	Adulto	Ovos	N1	N2	N3	N4	MI	Adulto
M1D0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M1D26	94,4	95,3	95,7	82,3	94,6	92,0	87,0	91,9	92,0	82,8	73,0	41,6	72,3	87,0
M1D78	93,5	91,7	93,7	77,9	91,3	88,7	76,7	90,6	75,5	88,3	79,0	63,5	76,6	76,7
M8D26	89,7	86,1	80,2	57,4	86,7	77,6	83,6	85,4	76,9	95,3	93,0	68,1	83,3	83,6
M8D78	85,8	78,3	93,1	35,3	68,8	68,9	72,9	72,5	79,1	90,2	57,5	60,9	71,9	72,9

MI-Eficiência média de total de ninfas; N1, N2, N3 e N4 - ninfas do primeiro, segundo, terceiro e quarto instar.

4. Discussão

Amblyseius tamatavensis foi capaz de reduzir a densidade de imaturos e adultos de mosca-branca *B. tabaci* nas duas épocas de condução dos experimentos. Em geral, a liberação do ácaro predador reduziu a densidade de imaturos de *B. tabaci*, independentemente da quantidade e momento de liberação a partir de duas

semanas após a liberação de *A. tamatavensis*. Belda e Calvo (2006) observaram que a liberação de 25 indivíduos de *A. swirskii/m²* apresentou o mesmo nível de controle de *B. tabaci* em pimentão que a liberação de uma densidade quatro vezes maior (100 *A. swirskii/m²*), o que demonstra que a eficácia de controle biológico não é necessariamente determinada por maior taxa de liberação de agentes de controle biológico (CROWDER, 2006). A liberação do predador no início da infestação mostrou, principalmente na segunda época, que é adequada para um controle eficaz, confirmando os resultados obtidos no experimento de preferência de predação.

A abundância de adulto de mosca-branca foi semelhante na presença e ausência do predador durante as primeiras três semanas e a partir dos 21 DAI de *B. tabaci* a população cresceu nos tratamentos sem liberação de ácaros predadores. A redução de 1,4 a 3,4 vezes a população de adultos de mosca-branca na primeira época e 3,7 a 7,7 vezes a população de adultos de mosca-branca na segunda época, quatro semanas após a liberação de *A. tamatavensis*, foi observado igualmente com outro ácaro fitoseídeo num estudo realizado por Nomikou et al. (2002). Os autores, naquele estudo, constataram que após 9 semanas de liberação do ácaro predador *A. swirskii* para o controle de *B. tabaci* a população de adultos de mosca-branca foi 21 vezes superior nas plantas sem o predador. Calvo, Bolckmans e Belda (2011), no estudo que visava a avaliar duas taxas de liberação de *A. swirskii* (25 e 75 predadores/m²) em pepino para o controle biológico de *B. tabaci* biótipo Q, observaram que a densidade populacional de adultos de *B. tabaci* não diferiu entre os tratamentos durante as primeiras três semanas, após esse período o número aumentou de forma exponencial chegando a 8 e 32 vezes maior que nos tratamentos que foram liberados 25 e 75 predadores/m², respectivamente. Pequenas variações observadas no comportamento das curvas dos adultos e ninfas do terceiro e quarto ínstar entre as duas épocas podem ser explicadas devido as diferenças climáticas (Tabela 1) e ocorrência de fungo entomopatogênico na segunda época.

A liberação do ácaro predador *A. tamatavensis* em plantas de tomateiro, proporcionou, após 28 dias da sua liberação, redução de 72,3 a 92,5% e 76,3 a 83,7% totais de imaturos (ninfas) de *B. tabaci* na primeira e segunda épocas, respectivamente, em relação aos tratamentos sem liberação dos ácaros predadores.

Resultados próximos foram obtidos por Cavalcante et al. (2017) em pimentão, em que constataram redução dos totais de imaturos de 60 e 80% com liberação do predador *A. tamatavensis* em plantas jovens em relação ao tratamento controle após 14 dias. Massaro (2019) utilizando populações de laboratório selecionadas obteve eficiência de controle de imaturos de *B. tabaci* de 82% a 90% após 14 dias da liberação de *A. tamatavensis* em pimentão. A abundância populacional de *B. tabaci* com liberação de 26 e 78 predadores/m² diminuiu a partir da segunda e terceira semanas após a liberação do predador, independentemente da quantidade liberada. Isto contrasta com os resultados obtidos por Calvo, Bolckmans e Belda (2011) que verificaram que a densidade populacional média de ninfas de *B. tabaci* diminuiu após duas e três semanas da infestação inicial de mosca-branca com a liberação 75 e 25 predadores/m², respectivamente, atingindo valores próximos a zero no final do estudo.

A presença de *A. tamatavensis* em diferentes estágios de desenvolvimento observados durante as avaliações nas parcelas liberadas mostra que houve estabelecimento do predador nos cultivos. Os diferentes estágios/estádios de presas foram observados nas plantas ocorrendo simultaneamente; mas nos tratamentos nos quais houve liberação dos ácaros predadores a abundância dos estágios iniciais (ovos, ninfas do primeiro e segundo instar) foi relativamente insignificante comparado ao tratamento controle. Isso acontece devido a preferência do predador por estágios iniciais. Esse fenômeno pode ser importante aliada no equilíbrio da dinâmica populacional de predador-presa (NOMIKOU et al., 2002; VAN RIJN; VAN HOUTEN; SABELIS, 2002) na disponibilidade de alimento (estágios vulneráveis de mosca-branca) durante todo o tempo de vida do predador.

Os resultados do estudo demonstraram que *A. tamatavensis* é eficaz no controle de mosca-branca *B. tabaci* em tomateiro em ambiente protegido, mesmo com a presença de tricomas glandulares. A alta eficiência do ácaro *A. tamatavensis* no controle de populações de mosca-branca confirmou os resultados obtidos nos experimentos de eficiência em plantas de pimentão (glabras) realizados por Cavalcante et al. (2017) e Massaro (2019) e disponibiliza informação adicional (momento, taxa e método de liberação) ao estudo realizado por Barbosa, Poletti e Poletti (2019) como um potencial agente de controle biológico de mosca-branca para

utilização em futuros programas de manejo integrado de mosca-branca em tomateiro (pubescente). Estudos complementares poderão ser conduzidos considerando cenários com altas temperaturas, típicas de cultivos protegidos em ambientes tropicais, e com outras cultivares de tomate. Apesar disso, este estudo confirma a importância de *A. tamatavensis* como agente de controle biológico de mosca-branca na cultura do tomate.

5. Referências

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 1, p. 265–267, 1925.

ALONSO, J. D. S. ***Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) em cultivo protegido de tomate: dinâmica dos fatores de mortalidade e aspectos comportamentais de *Nephaspis torresi* González (Coleoptera: Coccinelidae)**. 2012. Tese (Doutorado em Ciência: Entomologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S. Sistema de produção. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. p. 203–244.

BARBOSA, M. F. C.; POLETTI, M.; POLETTI, E. C. Functional response of *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Mesostigmata: Phytoseiidae) to eggs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on five host plants. **Biological Control**, v. 138, n. 104030, p. 1–5, 2019.

CALVO, F. J.; BOLCKMANS, K.; BELDA, J. E. Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. **BioControl**. v. 56, p. 185–192, 2011.

BELDA, J. E.; CALVO, F. J. Eficacia de *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) en el control biológico de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.: Aleyrodidae)

y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) en pimiento en condiciones de semicampo. **Boletín de Sanidade Vegetal. Plagas**, v. 32, p. 283–296, 2006.

BENGTSSON, J. Biological control as an ecosystem service: Partitioning contributions of nature and human inputs to yield. **Ecological Entomology**, v. 40, n. 1, p. 45–55, 2015.

CAMPBELL, B. C.; STEPHEN-CAMPBELL, J. D.; GILL, R. Origin and radiation of whiteflies: an initial molecular phylogenetics assessment. In: GERLING, D.; MAYER, R. T. (Eds.). **Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management**. 1. ed. UK: Intercept, 1995. p. 29–52.

CAVALCANTE, A. C. C.; MANDRO, M. E. A.; PAES, E. R.; MORAES, G. J. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 43, n. 1, p. 10–15, 2017.

CAVALCANTE, A. C. C.; SANTOS, V. L. V.; ROSSI, L. C.; MORAES, G. J. Potential of five Brazilian populations of Phytoseiidae (Acari) for the biological control of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 1, p. 29–33, 2015.

CROWDER, D. W. Impact of release rates on the effectiveness of augmentative biological control agents. **Journal of Insect Science**. v. 7, n. 15, p. 1–11, 2006.

DÖKER, İ.; HERNANDEZ, Y. V.; MANNION, C.; CARRILLO, D. First report of *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) in the United States of America. **International Journal of Acarology**, v. 44, n. 2–3, p. 101–104, 2018.

ESASHIKA, D. A. S.; MICHEREFF-FILHO, M.; BASTOS, C. S.; INOUE-NAGATA, A. K.; DIAS, A. M.; RIBEIRO, M. G. P. M. Suscetibilidade de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B a inseticidas. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 189–195, 2016.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P. G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. **Annual Review of Entomology**, v. 57, n. 1, p. 205–227, 2012.

HOOGERBRUGGE, H.; CALVO, J.; VAN HOUTEN, Y.; BELDA, J. E.; BOLCKMANS, K. Biological control of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* with the predatory mite *Amblyseius swirskii* in sweet pepper crops. **International Organization for Biological and Integrated Control**, v. 28, p. 119–122, 2005.

KNAPP, M.; VAN HOUTEN, Y.; HOOGERBRUGGE, H.; BOLCKMANS, K. *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent: Literature review and new findings. **Acarologia**, v. 53, n. 2, p. 191–202, 2013.

MASSARO, M. **Seleção de linhagem de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) mais eficiente no controle de *Bemisia tabaci* Biotipo B**. 2019. 77 f. Tese (Doutorado em Ciência: Entomologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

MASSARO, M.; MORAES, G. J. Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Acarologia**, v. 59, n. 2, p. 282–284, 2019.

MASSARO, M.; MARTIN, J. P. I.; MORAES, G. J. Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 70, n. 4, p. 411–420, 2016.

MCMURTRY, J. A.; SCRIVEN, G. T. Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology**, v. 58, n. 2, p. 282–284, 1965.

MORAES, L. A.; MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; GHANIM, M.; BELLO, V. H.; MARCHI, B. R.; BARBOSA, L. F.; BOYKIN, L. M.; KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M. A. New invasion of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in Brazil associated to

ornamental plants. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 517–525, 2017.

NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Phytoseiid predator of whitefly feeds on plant tissue. **Experimental and Applied Acarology**, v. 31, n. 1–2, p. 27–36, 2003.

NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SCHRAAG, R.; SABELIS, M. W. Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. **Experimental and Applied Acarology**, v. 27, p. 57–68, 2002.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1–2, p. 1–15, 2013.

PICANÇO, M. C.; GALDINO, T. V. S.; DAS, R. S.; BENEVENUTE, J. S.; PEREIRA, L. B. R. R.; MOREIRA, M. D. Manejo Integrado das Pragas. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; PICANÇO, M. C. (Eds.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 4. ed. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2014. p. 389–435.

SAS INSTITUTE. **Stat user's Guide version 9.4 SAS Institute Inc., Cary, Cary**, 2015.

TOGNI, P. H. B.; VENZON, M.; SOUZA, L. M.; SANTOS, J. P. C. R.; SUJII, E. R. Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 393–403, 2019.

VAN RIJN, P. C. J.; VAN HOUTEN, Y. M.; SABELIS, M. W. How plants benefit from providing food to predators even when it is also edible to herbivores. **Ecology**, v. 83, n. 10, p. 2664–2679, 2002.

CAPÍTULO 5 – Dinâmica dos fatores naturais de mortalidade de mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em cultivo protegido de tomateiro

RESUMO – A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B é uma das principais pragas agrícolas no Brasil e no mundo. O objetivo do presente estudo foi avaliar a dinâmica dos fatores naturais de mortalidade de ovos e ninfas de *B. tabaci* em cultivo protegido de tomateiro com e sem liberação de ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae). Para tanto, foi conduzido um experimento em estufas, em um delineamento em blocos casualizados, com dois tratamentos: liberação de 26 ácaros/m² e sem liberação de ácaros. Foram estabelecidas quatro coortes (indivíduos de mesma idade) por tratamento. Os resultados mostram que a presença de *A. tamatavensis* foi eficiente e contribuiu para a predação de *B. tabaci*. A predação foi o fator chave de mortalidade de mosca-branca. Os estágios de ovo e ninfas de terceiro e quarto ínstar são estágios com maior valores de mortalidade marginal, sendo considerados estágios chaves. A predação contribuiu com maior mortalidade insubstituível $28,8 \pm 7,75\%$ e $21,5 \pm 2,40\%$ na presença e ausência do ácaro predador, respectivamente. Os resultados indicam que *A. tamatavensis* pode ser um eficaz agente de controle biológico a ser considerado no estabelecimento de futuros programas de manejo integrado de pragas em tomateiro.

Palavras-chave: Mortalidade insubstituível, tabela de vida ecológica, fator chave de mortalidade.

**Dynamics of natural mortality factors of whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius)
(Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B in protected tomato cultivation**

ABSTRACT – The whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B is one of the main agricultural pests in Brazil and worldwide. The objective of the present study was to evaluate the dynamics of natural mortality factors of eggs and nymphs of whitefly *B. tabaci* biotype B in protected tomato cultivation with and without predatory mite *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) releases. Thus, an experiment was conducted in small greenhouse. A randomized complete block design was used with two treatments: release of 26 mites/m² and no release of mites. Four cohorts (individuals of the same age) were established per treatment. The results show that the presence of *A. tamatavensis* was efficient and contributed to the predation of *B. tabaci*. Predation was the key whitefly mortality factor. The third and fourth instar egg and nymph stages are stages with higher marginal mortality values and are considered key stages. Predation contributed with the highest irreplaceable mortality $28.80 \pm 7.75\%$ and $21.46 \pm 2.40\%$ in the presence and absence of the predatory mite, respectively. The results indicate that *A. tamatavensis* may be an effective biological control agent to be taken into account in future established integrated tomato pest management programs.

Keywords: Irreplaceable mortality, ecological life table, key mortality factor.

1. Introdução

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B (MEAM1) juntamente com o biótipo Q (MED) são as pragas de maior importância em todo mundo dentre as espécies do complexo *Bemisia tabaci* (ESASHIKA et al., 2016b; HADJISTYLLI; RODERICK; BROWN, 2016). Os danos causados por essa praga são devido a alimentação direta de plantas e transmissão de mais de 300 tipos de vírus, sendo 90% dos vírus pertencentes ao gênero *Begomovirus* (GILBERTSON et al., 2015; BELLO et al., 2019). As perdas causadas em tomateiro podem atingir 100% da produção (BALDIN; VENDRAMIM; LOURENÇÃO, 2005). Apesar da sua importância, informações sobre os fatores naturais de mortalidade de *B. tabaci* biótipo B ainda são escassas (TOGNI et al., 2019). Higley, Pedigo e Ostlie (1986) realçam a importância de estudos relacionados as tabelas de vida e dinâmica populacional no Manejo Integrado de Pragas como base para o desenvolvimento de táticas de controle. Vários estudos de qualificação e quantificação de mortalidade de *B. tabaci* biótipo B já foram realizados (HOROWITZ; PODOLER; GERLING, 1984; ALBERGARIA; CIVIDANES; DÓRIA, 2003; LEITE et al., 2005; NARANJO; ELLSWORTH, 2005; ASIIMWE et al., 2007; KARUT; NARANJO, 2009; TOGNI, 2009; ALONSO, 2012; SILVA et al., 2014; ASIIMWE; ELLSWORTH; NARANJO, 2016; TOGNI et al., 2019). Em tomateiro protegido, a predação e a inviabilidade de ovos foram os fatores chaves de mortalidade (ALONSO, 2012).

O ácaro predador *A. tamatavensis* é um promissor agente de controle biológico de mosca-branca em pimentão *Capsicum annuum* L. (CAVALCANTE et al., 2017; MASSARO, 2019), Melão *Cucumis melo* L., Algodão *Gossypium hirsutum* L., Feijão *Phaseolus vulgaris* L., Batata *Solanum tuberosum* e Tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. (BARBOSA; POLETTI; POLETTI, 2019). Ainda, este ácaro pode ser facilmente criado para fins comerciais (MASSARO; MARTIN; MORAES, 2016). Gerling, Alomar e Arnó (2001) ressaltaram que no caso da mosca-branca pode haver a necessidade de incremento de mortalidade dos estádios deste inseto por meio da introdução de fatores de mortalidade adicionais. Diante disto, a avaliação de dinâmica dos fatores naturais de mortalidade de ovos e ninfas de mosca-branca *B. tabaci* biótipo B em cultivo protegido de tomateiro com e sem liberação de ácaro predador *A. tamatavensis* precisa ser realizada. Este ácaro predador poderá

complementar a ação de outros agentes de controle biológico identificados por Togni et al. (2019) e Alonso (2012) no controle biológico da mosca-branca em tomateiro, ampliando a quantidade de agentes de controle biológico em programas de Manejo integrado de pragas em tomateiro.

2. Material e métodos

2.1. Local

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal, Departamento de Fitossanidade, São Paulo (21°23´S e 48°29´O), em pequenos telados de 9,0 x 3,0 x 1,8 m. As estruturas foram construídas com mourões de eucalipto e com cobertura de plástico agrícola de 100 micrômetro de espessura, para evitar a ação direta da chuva que poderia proporcionar ambiente favorável ao desenvolvimento de fitopatógenos. Isto caracteriza o cultivo protegido adotado por produtores de tomate durante o período das chuvas.

2.2. Plantas e práticas culturais

O transplântio de tomate da cultivar híbrida Santyno F1 (Grupo Santa Cruz) foi realizado aos 30 dias após a sementeira, quando as plantas estavam no estágio de quatro a cinco folhas verdadeiras. Cinco plantas foram dispostas em cada uma de nove fileiras por estufa, totalizando 45 plantas por unidade experimental. O espaçamento adotado no cultivo foi de 0,90 m entre linhas e 0,50 m entre plantas. A densidade final de plantio foi de 22.222 plantas/hectare.

As técnicas de cultivo foram típicas para o cultivo do tomate na região e sem aplicação de agrotóxicos, sem tutoramento. As plantas foram adubadas com 225 kg/ha do adubo composto (N₈:P₂₆:K₁₆) e irrigadas por gotejamento diariamente.

2.3. Mosca-branca

As populações iniciais de adultos de mosca-branca *B. tabaci* biótipo B foram obtidos a partir de uma criação existente no Departamento de Fitossanidade da

FCAV mantidas em plantas de couve e tomate. A identificação destas foi feita por técnicas de caracterização molecular de marcadores microssatélites através da análise de PCR com primers BEM23 (MORAES et al., 2017). As coortes (indivíduos da mesma idade) foram estabelecidas pela coleta de aproximadamente 20 adultos, com auxílio de ponteira de micropipeta (1 mL) acoplada a uma mangueira flexível (0,5 cm de diâmetro) usadas como aspirador e liberados em cada “clip cage”. Para garantir o número exato de adultos de mosca-branca por “clip cage”, os insetos foram mantidos a 8° C por 30 minutos para reduzir temporariamente a atividade, realizando-se a contagem, conforme proposto por Calvo, Bolckmans e Belda (2011). Os indivíduos de mosca-branca foram coletados de uma única colônia para garantir a homogeneidade da razão sexual.

2.4. Ácaro predador

A população inicial do ácaro predador *A. tamatavensis* foi obtida de criações de manutenção do Departamento de Entomologia e Acarologia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP e mantidas em arenas semelhantes as descritas por McMurtry e Scriven (1965). O ácaro predador foi alimentado com o ácaro *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes (Astigmatina) e suplementado duas vezes por semana com pólen de *Typha domingensis* Persoon (Typhaceae), em condições de laboratório. Os ácaros predadores foram contabilizados e acondicionados em sachês (5 x 5 cm) confeccionados com folha de Etil Vinil Acetato (E.V.A). Estes continham os ácaros predadores e 2 g de farelo de trigo, levedo e ácaros Astigmatina como alimento, para sua liberação.

2.5. Desenho experimental

O experimento foi realizado usando o delineamento em blocos casualizados. O experimento teve quatro repetições e dois tratamentos, totalizando 8 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram na liberação de 26 ácaros predadores/m² e sem liberação de ácaros.

A temperatura, a umidade relativa e velocidade do vento foram obtidos da estação meteorológica da FCAV – Jaboticabal. Manteve-se espaçamento de 3 m

entre blocos para reduzir eventualmente interferência pela movimentação dos ácaros.

2.6. Estabelecimento das coortes de mosca-branca e liberação do ácaro predador

O experimento foi desenvolvido em estufas contendo cultivo de tomate (item 2.2). Adultos de *B. tabaci* confinados em “clip cages” foram utilizados para iniciar a infestação em plantas de tomate e estabelecer as coortes (indivíduos da mesma idade) em 30 plantas de cada uma das parcelas de estudo com auxílio de gaiolas do tipo “clip cage”. O estabelecimento ocorreu em dois momentos distintos: aos 25 (17/08/2019) e 30 dias (23/08/2019) após o transplântio para o estabelecimento de coortes de ninfas e de ovos, respectivamente. Esse procedimento garantiu que as avaliações das coortes de ovos e ninfas fossem iniciadas e feitas de forma simultânea de acordo com a metodologia proposta por Naranjo e Ellsworth (2017). Ainda, seguindo a mesma metodologia, foram selecionadas as linhas de plantas 2, 5 e 8 para o estabelecimento das coortes de ninfas e as linhas 3, 4 e 7 estabelecidas as coortes de ovos.

Para o estabelecimento das coortes de ninfas, após 24 horas da colocação das gaiolas “clip cage”, a gaiola e os adultos foram retirados. Após verificada as posturas, as plantas tiveram as gaiolas “clip cages” recolocadas para permitir o desenvolvimento embrionário e eclosão das ninfas. Estas gaiolas foram removidas apenas quando as ninfas do 1º instar, se fixaram nas folhas. Próximo da eclosão de ninfas de primeiro instar (ovos com coloração marrom escuro) foi estabelecido a coorte de ovos. Após 24 h foi verificada a presença de ninfas (coorte) e ovos (coorte) com auxílio de uma lupa com ampliação de 15x. Em cada planta que foi infestada por parcela, 4 ovos ou 4 ninfas fixas foram devidamente identificados por meio de uma circunferência ao redor de cada grupo de ovos ou ninfas, feita com auxílio de uma caneta permanente de ponta fina, não tóxica. Os círculos foram suficientemente pequenos para evitar a oviposição ou fixação de ninfa de primeiro instar móvel dentro do círculo mais tarde (NARANJO; ELLSWORTH, 2017) e quando necessário foram desenhados mais de um círculo para marcar outros ovos ou ninfas para perfazerem quatro indivíduos por folíolo. Após 2 h da marcação das

cortes de ninfas do primeiro instar fez-se a primeira observação para verificar o estabelecimento das coortes (NARANJO; ELLSWORTH, 2017). A mortalidade de ninfas do primeiro instar móveis não foi considerado por ser insignificante e podendo ser desconsiderada (NARANJO, 2007; NARANJO; ELLSWORTH, 2017). Em cada unidade experimental ou parcela, cada coorte de cada estágio foi composta por um total de 60 indivíduos em 15 plantas ou folíolo, satisfazendo o número mínimo de 50 indivíduos proposto por Naranjo e Ellsworth (2017) para cada tratamento.

Após o estabelecimento das coortes de ovos e ninfas, foi feita a liberação do predador, isto aos 31 dat (24/08/2019). A liberação do predador foi a uma taxa de 26 ácaros/m² através de abertura de sachê (5 x 5 cm), contendo além dos predadores uma mistura de 2 g de farelo de trigo, levedo de cerveja e ácaro Astigmatina. O número de predadores liberados foi de acordo com os resultados provenientes dos experimentos de resposta funcional e eficiência de predação.

Parte dos ácaros contidos no sachê foi liberado em uma folha do terço mediano de uma planta e o remanescente foi colocado na folha do terço mediano da planta adjacente. Em cada planta foi polvilhado cerca de 4 mg de pólen de *Typha domingensis* Persoon (Typhaceae) num folíolo do terço médio da planta, logo após a liberação dos ácaros e a cada sete dias.

Assim, foram acompanhadas coortes de 60 indivíduos cada (240 ovos e 240 de ninfas) introduzidos no sistema. As coortes foram comparadas em termo de tratamentos com e sem a introdução de *A. tamatavensis*. Para o registro de eclosão e mortalidade de ovos, foram coletados os folíolos contendo ovos marcados após 8 dias do estabelecimento das coortes de ovos, e levadas ao laboratório para observação sob estereomicroscópio devido ao reduzido tamanho dos organismos.

2.7. Identificação e quantificação dos fatores naturais de mortalidade de imaturos de mosca branca

A identificação e quantificação dos fatores de mortalidade foram feitas nas parcelas pela observação das coortes de mosca-branca. Para tanto, com auxílio de lupa de 15x de ampliação, 240 plantas foram examinadas diariamente (três avaliações diárias, incluindo uma noturna), sendo quatro indivíduos (ovo ou ninfa) por planta, totalizando 60 indivíduos/coorte. Os inimigos naturais foram registrados

com ajuda de fotograficamente. Exemplares dos insetos foram coletados para posterior identificação da espécie, enquanto os ácaros foram coletados e montados em lâminas (meio de Hoyer), para posterior identificação em laboratório.

Os fatores de mortalidade (predação, inviabilidade, patógenos, parasitismo, dessecação, desalojamento e outros fatores) foram estabelecidos através dos seguintes critérios: (i) a predação foi caracterizada devido à ação de insetos mastigadores e sugadores. Predação por mastigadores foi quando houve a remoção total dos indivíduos do sistema observado no momento exato ou observado o predador na folha com as coortes marcadas ou a presença de restos (remoção parcial, exemplo córion colapsado) de imaturos de *B. tabaci*; por sugador, quando observadas cutículas de ninfas e córion de ovos bem transparentes e enrugados; (ii) a dessecação foi considerada quando os imaturos apresentarem enrugamento e sem perda de conteúdo, com a forma e a coloração normais; (iii) a inviabilidade foi caracterizada pela aparência normal dos ovos, mas com a interrupção do desenvolvimento e sem a eclosão no período de 8 dias e cor escura; (iv) os patógenos foram caracterizados pela presença de fungos em laboratório; (v) Parasitismo, observável somente em ninfas de quarto instar, os bacteriossomas amarelados pareados presentes nas ninfas são deslocados pela larva parasitoide em desenvolvimento (vi) o desalojamento, ovos e ninfas ausente devido à ação do vento e predação por mastigadores (vii) outros fatores de mortalidade se referiram ao contato com teias de ácaro, aranha ou remoção da folha por ação de formigas cortadeiras e fitófagos mastigadores. Os agentes de controle biológico encontrados foram registrados com fotografia e coletados para identificação.

2.8. Análise estatística

2.8.1. Construção das tabelas de vida multidecrementais

A mortalidade de imaturos de *B. tabaci* (ovo e os quatro instares) foi analisada inicialmente através de construção de tabela de vida multidecremental das coortes separadamente para cada estágio de desenvolvimento. Posteriormente, foi determinada a mortalidade marginal, os fatores e estágios de mortalidade e a

mortalidade insubstituível, isto tudo, a partir das frações de mortalidade obtidas nas tabelas de vida.

A construção das tabelas de vida para cada coorte seguiu o procedimento de cálculos propostos por Carey (1989, 1993), determinando-se os parâmetros seguintes:

x - estágio de desenvolvimento dos imaturos;

K_x - número de indivíduos no início do estágio x ;

d_x - número de indivíduos mortos no estágio x ;

d_{xi} - número de indivíduos mortos no estágio x devido a causa i ;

ad_x - fração de mortes no estágio x devido a todas as causas;

ad_{xi} - fração de mortes no estágio x devido a causa i ;

al_x - fração de sobreviventes no início do estágio x ;

al_{xi} - fração de coorte original sobrevivente na fase xi

aq_x - probabilidade de morte no estágio x devido a todas causas;

aq_{xi} - probabilidade de morte por causa i no estágio x na presença de todas as outras causas

As equações abaixo foram utilizadas para calcular aq_x , aq_{xi} , ad_x e ad_{xi} :

$$aq_x = d_x/K_x \quad (1)$$

$$aq_{xi} = d_{xi}/K_x \quad (2)$$

$$ad_x = al_x - al_{x+1} \quad (3)$$

$$ad_{xi} = al_{xi} - al_{xi+1} \quad (4)$$

a) **Determinação de taxas de mortalidades marginais**

A estimativa de taxas de mortalidade marginais foi realizada pelo método proposto por Naranjo e Ellsworth (2005) através da equação simplificada abaixo:

$$MA = dA / (1 - dB) \quad (5)$$

Onde: MA : taxa de mortalidade marginal para o fator A , dA : taxa de mortalidade aparente (observada) para o fator A e dB : soma das taxas de mortalidades aparentes de todos os outros fatores contemporâneos concorrentes relevantes (Tabela 1).

Tabela 1: Matriz para estimativa de taxa de mortalidade marginal de *B. tabaci*

Taxa marginal de interesse (M_B)	Taxa aparente (d_B)	Taxa aparente (d_A)	Estágios
Inviabilidade	Inviabilidade	Inviabilidade + Dessecação	Ovo
Parasitismo	Parasitismo	Predação + Desalojamento	Quarto estágio ninfal*
Predação	Predação	Desalojamento	Ovo e todos estádios ninfais
Outros	Outros	Predação + Desalojamento	Ovo e todos estádios ninfais
Patógeno	Patógeno	Predação + Desalojamento	Todos estádios ninfais
Desalojamento	Desalojamento	Sem fator de competição	Ovo e todos estádios ninfais
Dessecação	Dessecação	Predação + Desalojamento	Todos estádios ninfais
Dessecação	Dessecação	Inviabilidade + Dessecação	Ovos

*Os parasitoides Aphelinidae podem atacar com sucesso todos os estágios ninfais de *B. tabaci*, mas o parasitismo só pode ser observado em ninfas de 4º. instar no campo. Assim, d_A é a soma da predação e deslocamento de todos os estágios de ninfa combinados. Adaptado de Naranjo e Ellsworth (2017) e Elkinton et al. (1992).

Para fatores de mortalidade contemporâneos (BUONACCORSI; ELKINTON, 1990) e de forma a se evitar sobreposição de fatores e obscurecimento da mortalidade causada por um fator pelo outro (ROYAMA, 1981), a taxa de mortalidade marginal foi calculada pela equação proposta por Elkinton et al. (1992):

$$M_A = 1 - (1 - d_A - d_B)^{(d_A/(d_A+d_B))} \quad (6)$$

$$M_B = 1 - (1 - d_A - d_B)^{(d_B/(d_A+d_B))} \quad (7)$$

b) Determinação dos fatores e estádios chave de mortalidade

A análise de fator chave de mortalidade foi feita de acordo com o valor k conforme a equação proposta por Varley e Gradwell (1960) abaixo:

$$K = -\ln(1 - M) \quad (8)$$

Onde: M é a taxa de mortalidade marginal de um dado fator de mortalidade

A quantificação dos fatores e estágios chave de mortalidade foi determinado pela combinação cumulativa de duas características: i) Análise gráfica da semelhança do padrão apresentado pelo K-total para todas as coortes comparado com os gráficos de valores k de fatores de mortalidade ou estágios específico de mosca-branca associados ao fator ou estágio e ii) Maior valor de inclinação resultante da regressão entre de valores k individuais no K-total.

c) **Determinação da mortalidade insubstituível**

Mortalidade insubstituível é a porção de mortalidade de geração total que não iria ocorrer se um determinado fator de mortalidade fosse eliminado (SOUTHWOOD, 1978). A mortalidade insubstituível foi calculada para cada tratamento utilizando os métodos adotados Naranjo e Ellsworth (2017), através da equação seguinte:

$$IC = [1 - e^{-TotalK}] - [1 - e^{-(TotalK - k\text{-valores})}] \quad (9)$$

Onde: *IC* é a mortalidade insubstituível para o fator ou estágio; k-valores do estágio ou fator de interesse; e Total-K é a soma de todos os valores individuais de k-valores.

d) **Contribuição dos predadores**

Para a verificação do estágio imaturo de *B. tabaci* que apresenta a maior fração de indivíduos mortos por predação e a determinação do principal predador em cada estágio de desenvolvimento, os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade das variâncias e posteriormente aplicado o teste apropriado (análise de variância) e feita a comparação de médias dos diferentes tratamentos.

e) **Curva de sobrevivência**

Foram construídas curvas de sobrevivência das coortes de acordo com as fases de desenvolvimento de imaturos de mosca branca incluindo uma curva média que serviu de padrão.

3. Resultados

3.1. Fatores de mortalidade

A inviabilidade de ovos, predação, patógenos, parasitismo, dessecação, desalojamento e outros (contacto de ninfas com teia de aranha e remoção da folha por insetos mastigadores e formigas cortadeiras) foram os principais fatores naturais de mortalidade de ovos e ninfas de mosca-branca. Ácaro da família Phytoseiidae (introduzido no sistema), insetos das famílias Anthocoridae (*Orius sp.*), Coccinellidae (*Delphastus sp.*; *Nephaspis sp.*), Geocoridae (*Jalysus sp.*) e Miridae (*Macrolepus sp.*) e aranhas (*Cheiracanthium sp.*) foram os principais grupos de predadores associados a predação de imaturos de mosca-branca e sua redução populacional. Entomopatógenos (fungos) também causaram a mortalidade de imaturos de mosca-branca. Em ninfas de quarto instar foi observado o parasitismo por parasitoides do gênero *Encarsia sp.* (Hymenoptera: Aphelinidae).

3.2. Tabela de vida multidecremental estágio-específico

A comparação das frações de mortalidade (adx) de mosca-branca nas parcelas com a presença ou ausência do ácaro predador *A. tamatavensis* mostrou que os fatores de mortalidade predação e desalojamento afetaram a população de imaturos de mosca-branca (Tabela 2).

Tabela 2: Comparação de frações de mortalidade (adx) dos fatores de mortalidade de ovos e ninfas de *B. tabaci* em função da ausência e presença de *A. tamatavensis*.

Fator de mortalidade	Análise estatística	
	t	P
Inviabilidade	1,49	0,1868
Predação	-2,73	0,0340*
Patógeno	0,41	0,7064
Parasitismo	0,29	0,7838
Dessecação	1,36	0,2236
Desalojamento	2,71	0,0351*
Outro	0,37	0,7207

* Diferença significativa pelo teste t a 5% de significância para o fator na presença ou ausência do ácaro predador.

Os estágios de desenvolvimento de mosca-branca não foram afetados pela liberação do ácaro no sistema (Tabela 3). Apesar disto, verificou-se que a predação representou uma fração de mortalidade de 1,7 vezes mais na presença ($0,61 \pm 0,6$) do ácaro predador comparativamente quando este esteve ausente ($0,36 \pm 0,07$). As frações de mortalidade causada por desalojamento de ovos e ninfas nas condições em que ocorreu a liberação do ácaro foi quase a metade ($0,11 \pm 0,05$) da observada sem a liberação ($0,20 \pm 0,03$).

Tabela 3: Comparação de frações de mortalidade (adx) dos estágios de ovos e ninfas de *B. tabaci* em função da ausência e presença de *A. tamatavensis*.

Estágios	Análise estatística	
	t	P
Ovo	-2,36	0,0560
1º Instar	0,96	0,3762
2º Instar	0,49	0,6432
3º Instar	1,46	0,1956
4º Instar	1,93	0,1013

Para a análise foi utilizado o teste t a 5% de significância

Analisando as tabelas médias multidecrementais das quatro coortes com a presença do ácaro predador (Tabela 4) observa-se que em média quando houve liberação do ácaro predador 68,8% e 12% da mortalidade ocorreu nas fases de ovos e ninfas do quarto instar, respectivamente. Também 61,1% e 8,3% dessas mortalidades foi devido à predação e inviabilidade, respectivamente, desconsiderando-se a sobreposição da atuação dos fatores de mortalidade.

Tabela 4: Tabela de vida multidecremental estágio-específico média para ovos e ninfas de *B. tabaci* obtida a partir de quatro coortes com a liberação do ácaro predador *A. tamatavensis*.

x	aqx	alx	adx	Inviabilidade	Predação	Patógeno	Parasitismo	Dessecação	Desalojamento	Outros
				ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,688	1,000	0,688	0,083	0,433	0,004	0,000	0,038	0,067	0,063
1ª instar	0,300	0,313	0,094	0,000	0,077	0,000	0,000	0,005	0,012	0,000
2ª instar	0,226	0,219	0,049	0,000	0,029	0,000	0,000	0,004	0,012	0,005
3ª instar	0,238	0,169	0,040	0,000	0,026	0,000	0,000	0,001	0,010	0,003
4ª instar	0,667	0,129	0,129	0,000	0,051	0,012	0,005	0,004	0,007	0,008
Total			1,000	0,083	0,616	0,016	0,005	0,052	0,107	0,078

x, estágio, aqx, probabilidade de morte, alx, fração de sobrevivência no início do intervalo e adx é a fração de mortalidade total.

Na ausência do predador *A. tamatavensis*, a semelhança do que aconteceu na presença, a predação (36,5%) e inviabilidade (14,2%) contribuíram com a maior porcentagem de mortalidade de imaturos de mosca-branca e o estágio de ovo (54,6%) e estágio de quarto instar (22,9%) tiveram a maior mortalidade (Tabela 5).

Tabela 5: Tabela de vida multidecremental estágio-específico média dos estágios de ovos e ninfas de *B. tabaci* obtida a partir de quatro coortes na ausência do ácaro predador *A. tamatavensis*.

x	aqx	alx	adx	Inviabilidade	Predação	Patógeno	Parasitismo	Dessecação	Desalojamento	Outros
				ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,546	1,000	0,546	0,142	0,179	0,004	0,000	0,054	0,104	0,063
1ª instar	0,250	0,454	0,114	0,000	0,032	0,000	0,000	0,019	0,044	0,019
2ª instar	0,156	0,341	0,053	0,000	0,032	0,000	0,000	0,011	0,008	0,002
3ª instar	0,204	0,288	0,059	0,000	0,038	0,000	0,000	0,002	0,019	0,000
4ª instar	0,636	0,229	0,229	0,000	0,083	0,017	0,006	0,008	0,026	0,006
Total			1,000	0,142	0,365	0,021	0,006	0,094	0,201	0,089

x, estágio, aqx, probabilidade de morte, alx, fração de sobrevivência no início do intervalo e adx é a fração de mortalidade total.

3.3. Contribuição das causas de morte e dos estágios imaturos de *Bemisia tabaci* na mortalidade

3.3.1. Mortalidade marginal

As taxas marginais dos fatores naturais de mortalidade de mosca-branca não diferiram significativamente entre as coortes com e sem liberação do predador *A. tamatavensis* (Tabela 6).

Tabela 6: Taxas de mortalidade marginal dos fatores de mortalidade de ovos e ninfas de *B. tabaci* em função da liberação de *A. tamatavensis*.

Fator de mortalidade	Análise estatística	
	t	P
Inviabilidade	1,53	0,1778
Predação	-1,67	0,1468
Patógeno	1,30	0,7844
Parasitismo	-1,04	0,3392
Dessecação	2,16	0,0737
Desalojamento	2,36	0,2706
Outro	-1,05	0,3367

As taxas marginais de predação foram as mais altas para ambos sistemas, com $(0,831 \pm 0,02)$ e sem $(0,655 \pm 0,10)$ a adição de ácaro predador comparativamente aos outros fatores naturais de mortalidade (Com liberação: $F_{6,18} = 21,85$ $P < 0,0001$ e Sem liberação: $F_{6,18} = 10,59$ $P < 0,0001$) (Figura 1 A e B).

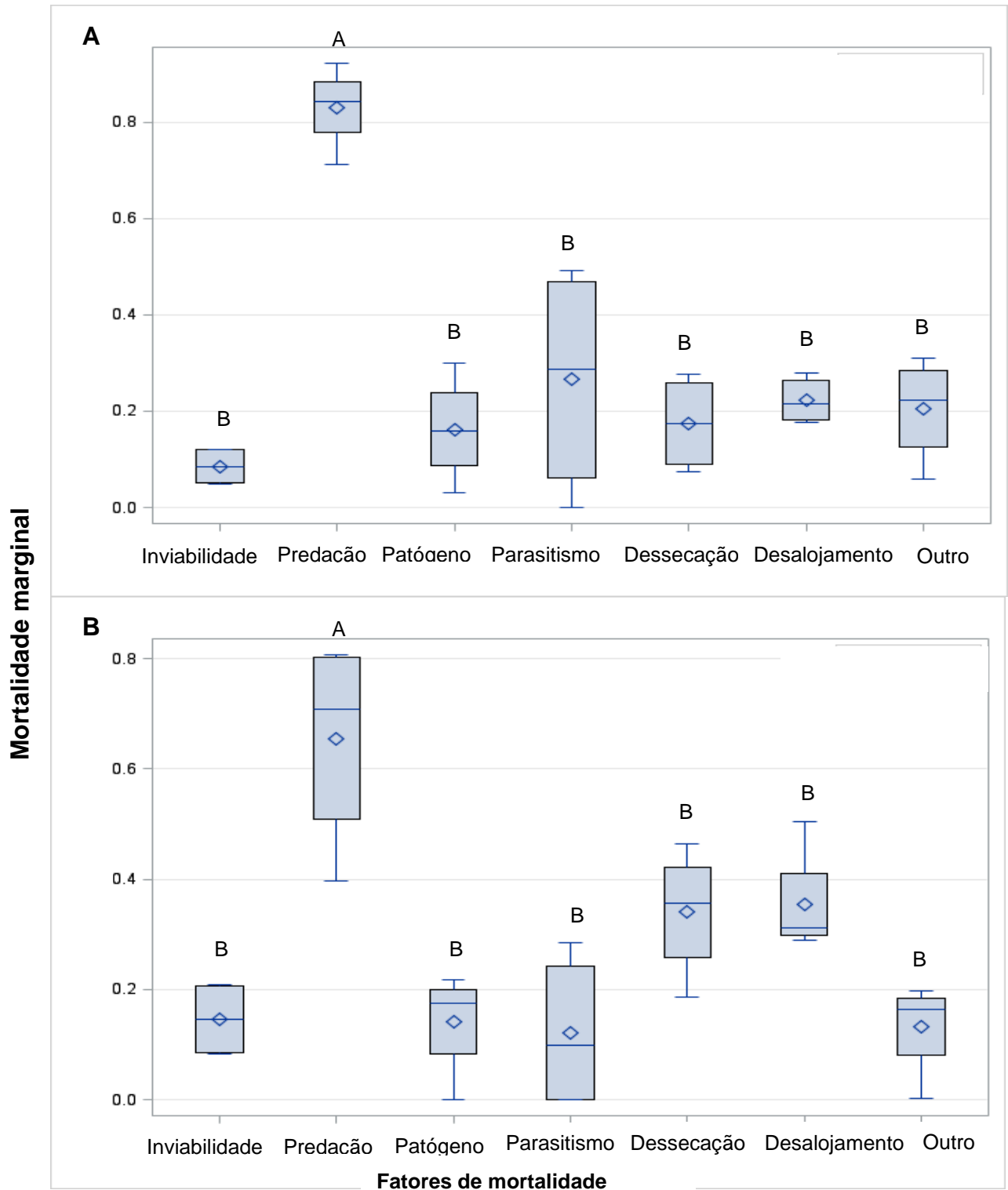


Figura 1: Taxas de mortalidade marginal de *B. tabaci*. Letras iguais indicam não haver diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de significância. A) Presença de *A. tamatavensis* e B) Sem *A. tamatavensis*. (A linha horizontal dentro do retângulo é a mediana; 5 a 95% dos valores estão entre as extremidades das linhas; 25 a 75% dos valores estão entre os extremos dos retângulos).

3.3.2. Fator K

O padrão apresentado pelo K-total ao longo das quatro coortes comparado com os fatores de mortalidade ou estágios específicos de mosca-branca associados ao fator ou estágio com maior valor de inclinação (entre parênteses) foi classificado como fator ou estágio chave. A análise das curvas das Figuras 2 A e B mostra que a predação foi o fator chave de mortalidade independente da presença do predador *A. tamatavensis*.

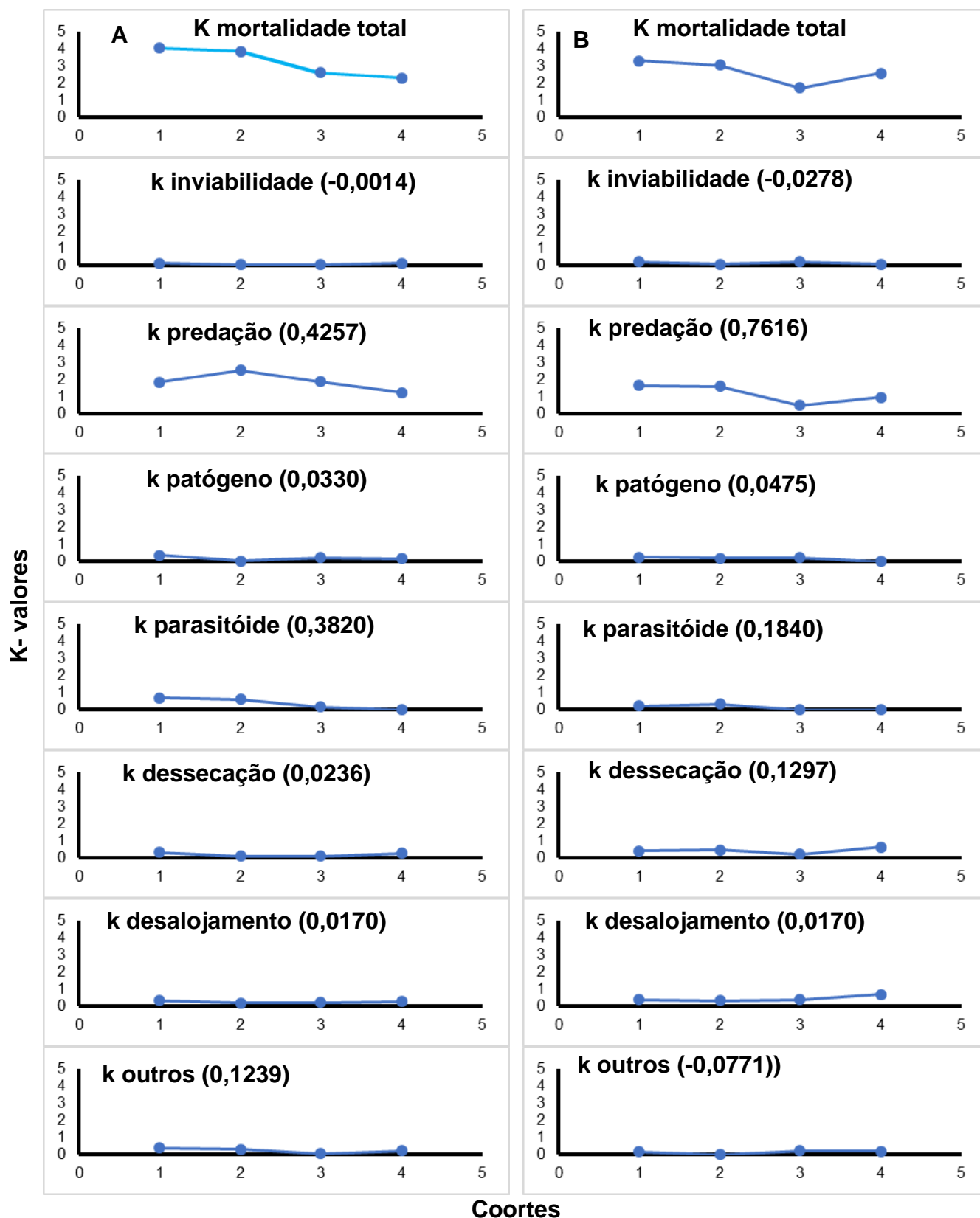


Figura 2: Fatores chaves de mortalidade de coortes de *B. tabaci* em tomateiro. A) Presença do ácaro predador *A. tamatavensis*; B) Sem liberação do ácaro predador *A. tamatavensis*. (Valores entre parênteses é a inclinação da curva).

O estágio de ovo e ninfas de quarto instar representaram as fases de maior mortalidade de imaturos de mosca-branca na presença do ácaro predador *A. tamatavensis*. Portanto, tratam-se de estágios chaves de mortalidade. Diferentemente do que se sucedeu na presença do ácaro predador, quando este esteve ausente os estágios chaves foram o terceiro e quarto instares.

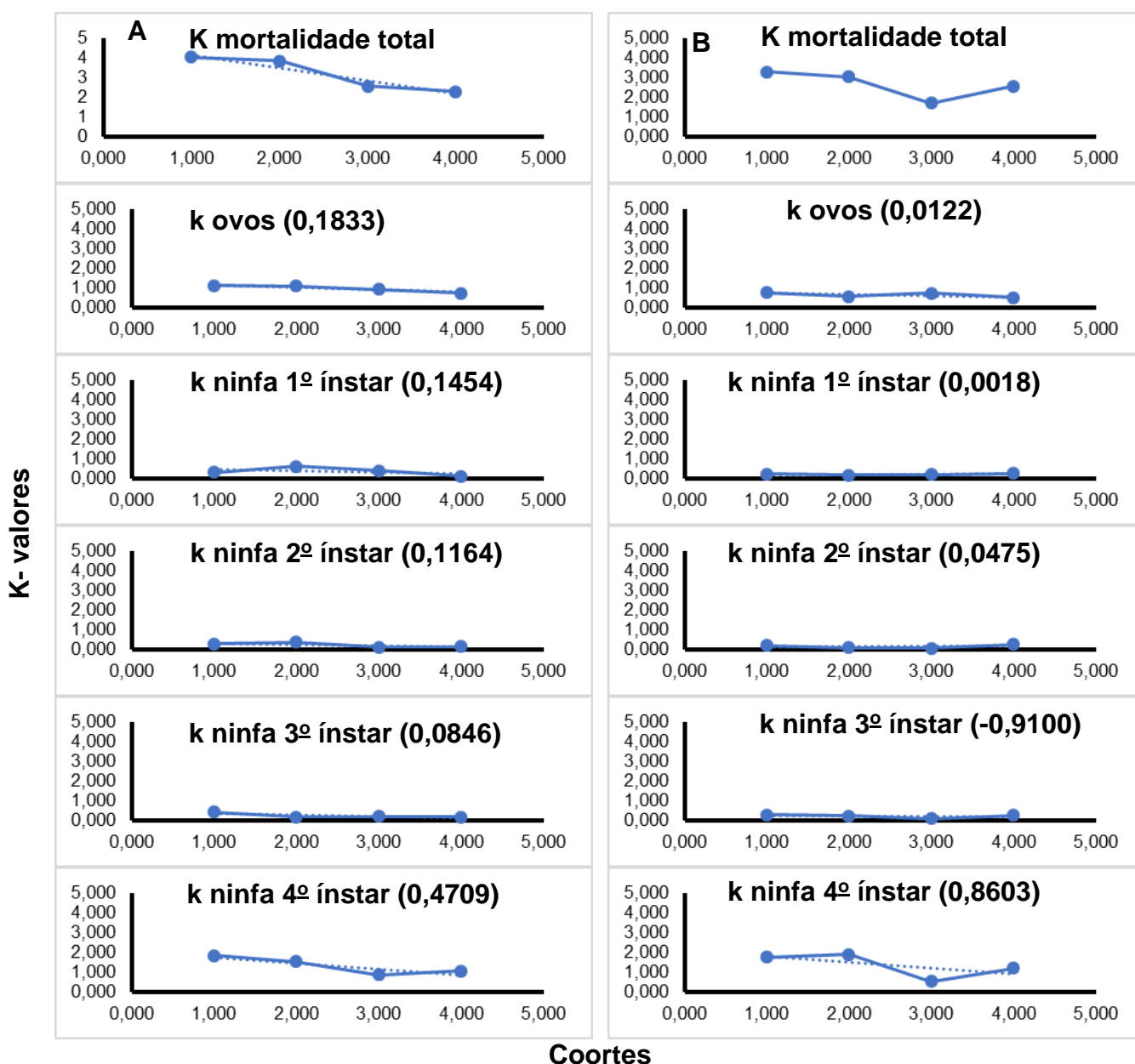


Figura 3: Estágios chaves de mortalidade de coortes de *B. tabaci* em tomateiro. A) Presença do ácaro predador *A. tamatavensis*; B) Sem liberação do ácaro predador *A. tamatavensis*. (Valores entre parênteses é a inclinação da curva).

3.3.3. Mortalidade insubstituível

À semelhança do padrão observado na mortalidade marginal, a mortalidade insubstituível com a adição ou não de *A. tamatavensis*, não diferiu significativamente para os principais fatores naturais de mortalidade observados tanto em parcelas de coortes com presença do ácaro predador como com a ausência (Tabela 7).

Tabela 7: Comparação de taxas de mortalidade insubstituível dos fatores de mortalidade de ovos e ninfas de *B. tabaci* em função da liberação de *A. tamatavensis*.

Fator de mortalidade	Análise estatística*	
	T	P
Inviabilidade	1,13	0,3029
Predação	-0,90	0,4007
Patógeno	0,78	0,4713
Parasitismo	0,81	0,4590
Dessecação	1,30	0,2424
Desalojamento	1,20	0,2770
Outro	1,20	0,4649

*Comparação de taxas insubstituível em coortes com presença e ausência do ácaro predador, teste t a 5% de significância.

A predação causou os mais altos níveis de mortalidade insubstituível nas coortes com adição ($28,80 \pm 7,75\%$) ou não ($21,46 \pm 2,40\%$) do ácaro predador *A. tamatavensis* (Figura 4 A e B) (com liberação: $F_{6,18} = 13,00$ $P < 0,0001$ e sem liberação: $F_{6,18} = 15,70$ $P < 0,0001$).

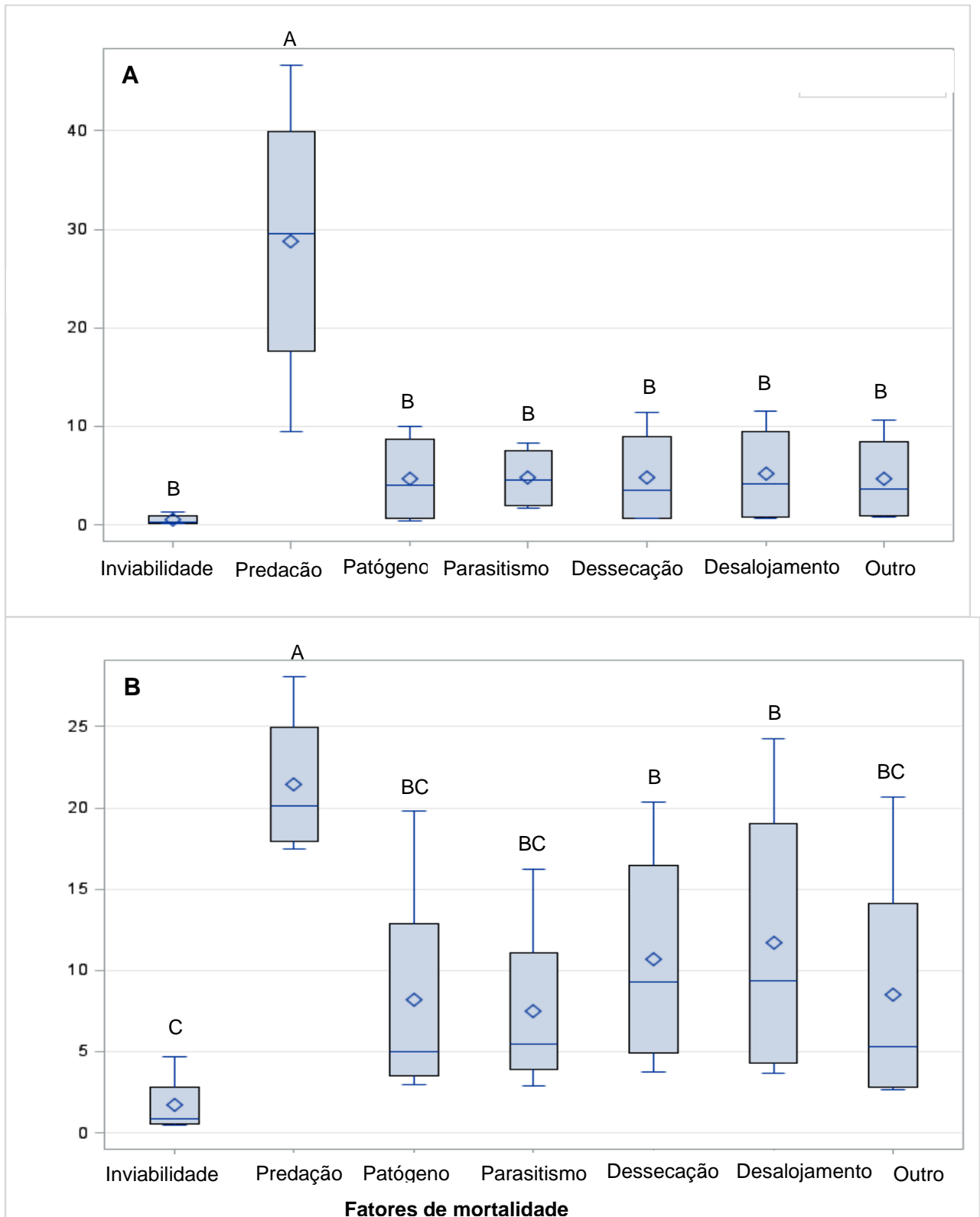


Figura 4: Porcentagem de mortalidade insubstituível de fatores de mortalidade. A) Presença do ácaro predador *A. tamatavensis* e B) Sem liberação do ácaro predador *A. tamatavensis*.

3.4. Predação

3.4.1. Contribuição de cada predador

A comparação de número de imaturos predados nas coortes com e sem liberação de ácaro predador *A. tamatavensis* mostrou não haver diferenças significativas ($t = -1,74$, $gl = 6,0$, $P = 0,1322$). Foi observada a predação de um total de 231 e 154 imaturos nas coortes com e sem a presença de *A. tamatavensis*, respectivamente. A mortalidade causada pelos predadores nas coortes com e sem a presença do ácaro predador representa 63,46% e 42,31% da mortalidade total de imaturos de mosca-branca, respectivamente. Os coccinélídeos reduziram significativamente mais imaturos comparativamente com os outros predadores tanto na presença ($36,00 \pm 3,49$ imaturos/coorte) como na ausência ($28,00 \pm 4,9$ imaturos/coorte) do ácaro predador (Figura 5 e 6) (com liberação: $F_{5,15} = 48,45$ $P < 0,0001$ e sem liberação: $F_{4,12} = 35,78$ $P < 0,0001$). Isto representa uma redução de imaturos por predação de 62,34 e 72,73%, respectivamente. O ácaro predador *A. tamatavensis* reduziu em 22,78% ($2,75 \pm 3,17$ imaturos/coorte) superando os demais predadores, com exceção apenas dos coccinélídeos.

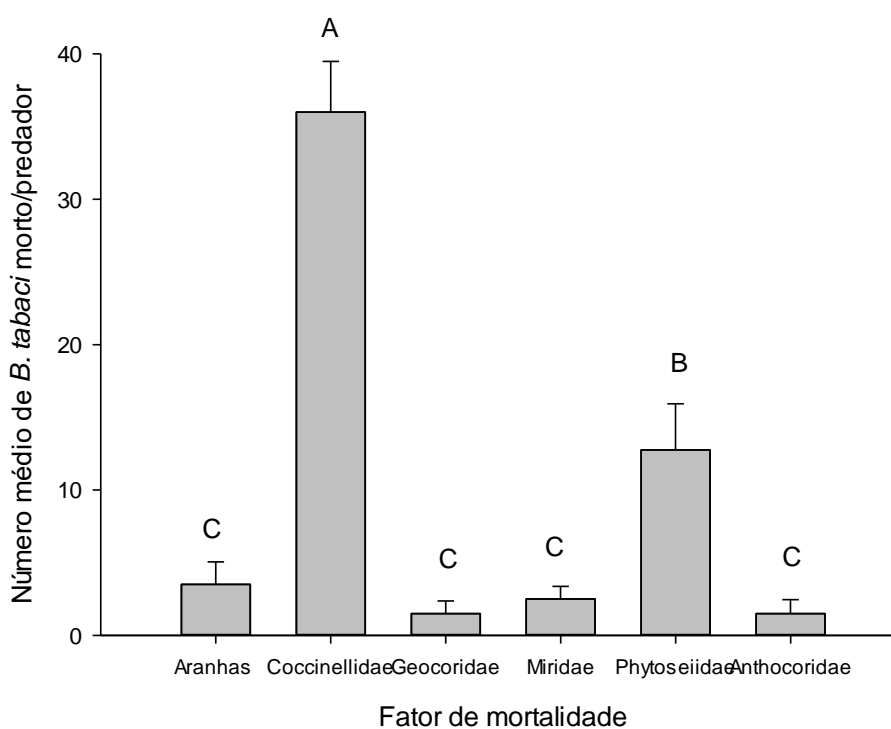


Figura 5: Número de imaturos de *B. tabaci* mortos por cada predador na presença do ácaro predador *A. tamatavensis*.

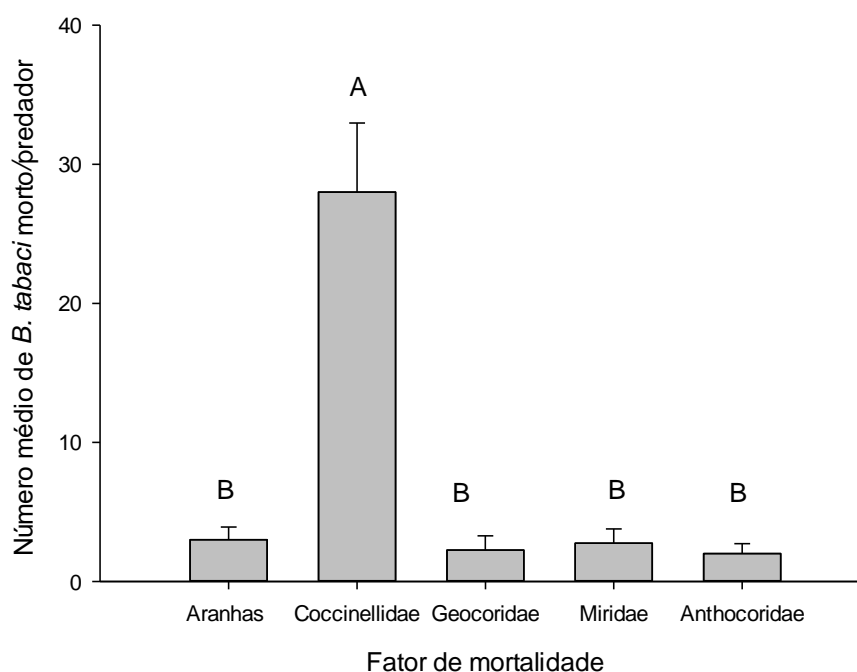


Figura 6: Número de imaturos de *B. tabaci* mortos por cada predador na ausência do ácaro predador *A. tamatavensis*

3.4.2. Número de mosca-branca mortos por predação em cada estágio

A análise de variância mostrou que na ausência do predador *A. tamatavensis* o número de imaturos predados não diferiu significativamente entre ovos e ninfas ($F_{4,12} = 0,80$ $P = 0,5467$). O estágio de ovo foi o mais predado quando o ácaro predador *A. tamatavensis* foi adicionado ao cultivo e não diferiu significativamente com a predação das ninfas do primeiro ínstar (Figura 7) ($F_{4,12} = 6,81$ $P = 0,0042$).

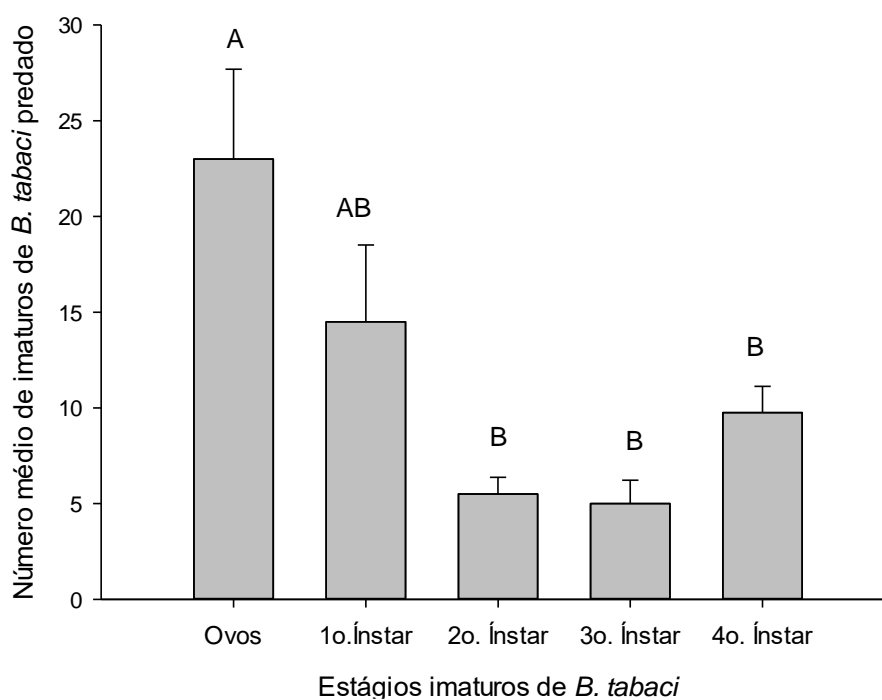


Figura 7: Número de imaturos de *B. tabaci* mortos em cada estágio na presença do ácaro predador *A. tamatavensis*.

3.5. Curvas de sobrevivência

As curvas de sobrevivência das coortes de mosca-branca em dois ambientes distintos, com presença (Figura 8A) e ausência (Figura 8B) do ácaro predador *A. tamatavensis* apresentaram padrões semelhantes. Na presença do predador, a sobrevivência de ninfas de quarto instar de mosca-branca foi de 12,9% e na sua ausência emergiram 22,9% de adultos. Houve uma mudança brusca na diminuição da população de ovos para o primeiro instar de mosca-branca para ambos os ambientes chegando a atingir em média uma sobrevivência de 31,3% e 45,4% na presença e ausência do predador, respectivamente.

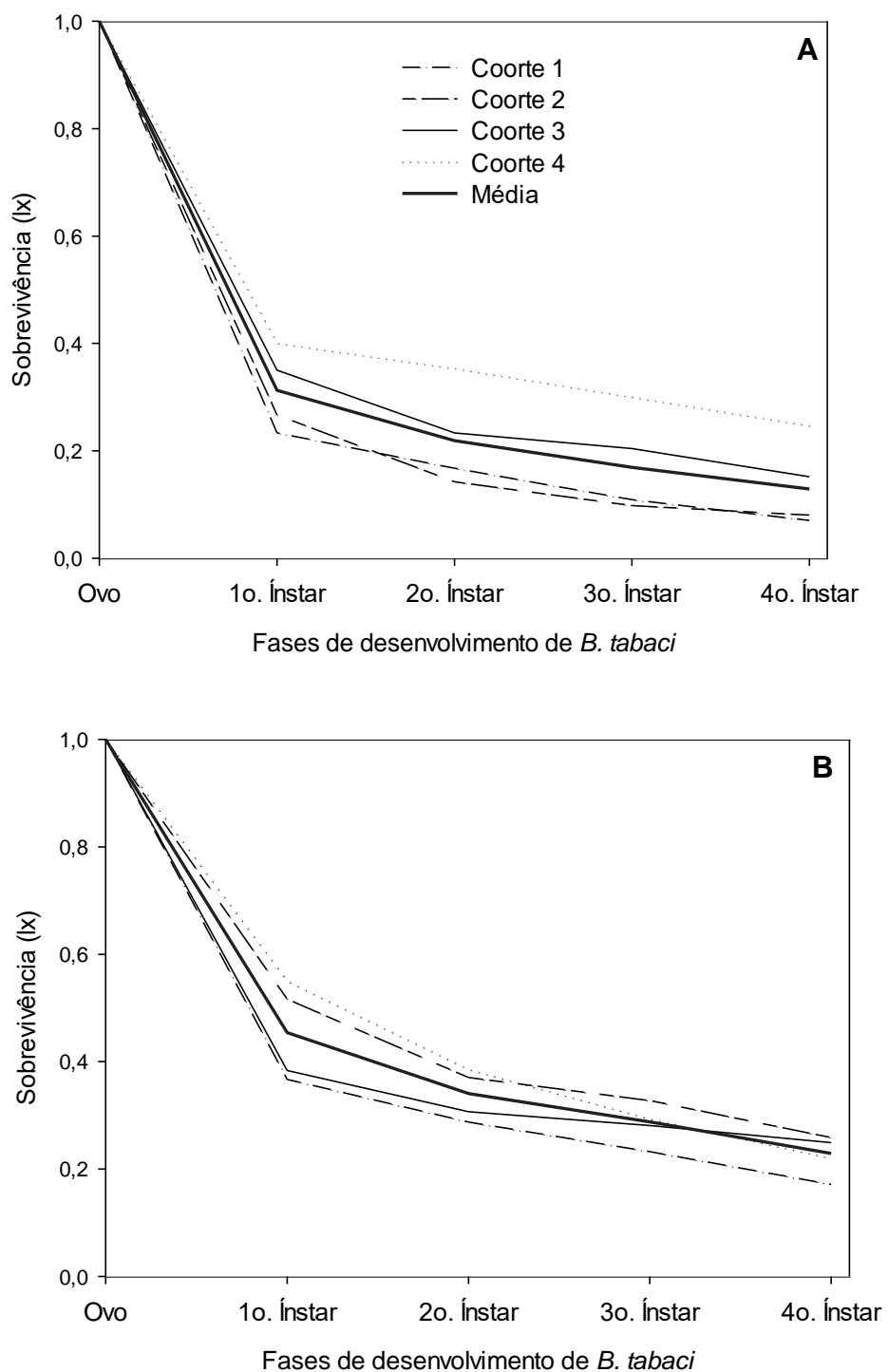


Figura 8: Curvas de sobrevivência de quatro cortes. A) Presença do ácaro predador *A. tamatavensis* e B) Sem liberação de *A. tamatavensis*.

4. Discussão

Os fatores de mortalidade naturais como a inviabilidade, predação, patógenos, parasitismo, dessecação e desalojamento de ovos e ninfas de mosca-branca observados no presente estudo, também foram relatados por Alonso (2012) e Togni et al. (2019) associados a mortalidade de imaturos de *B. tabaci*. A predação foi identificada como fator chave de mortalidade de mosca-branca. Resultados semelhantes foram obtidos em cultivo protegido de tomate (ALONSO, 2012), em condições abertas de produção de algodão (NARANJO; ELLSWORTH, 2005; KARUT; NARANJO, 2009), mandioca (ASIIMWE et al., 2007) e tomateiro (TOGNI et al., 2019). O estágio de ovo e ninfas de quarto instar foram os estágios chaves de mortalidade de imaturos de mosca-branca na presença do ácaro predador e na sua ausência os estágios chaves foram ovos e ninfas do terceiro instar. Os resultados de estágios chaves obtidos na presença do ácaro predador corroboram os encontrados por (ALONSO, 2012) em cultivo protegido de tomate, mas os obtidos por Naranjo e Ellsworth (2005) em algodão são semelhantes aos obtidos nas coortes sem a presença do ácaro predador.

Os coccinelídeos foram os responsáveis pela maior predação de imaturos de *B. tabaci* nas coortes com e sem a presença do ácaro predador. Os coccinelídeos juntamente com o ácaro predador fitoseídeo contribuíram com 85,12% da mortalidade de imaturos de mosca-branca. Portanto a adição de mortalidade devido a presença do ácaro predador não representou alterações significativa na mortalidade insubstituível, isso pode ser devido a sobreposição de causas de morte, principalmente a computação de desalojamento quando o ácaro estava ausente no momento de avaliação. A soma da contribuição de outros predadores na mortalidade de imaturos de mosca-branca foi em geral menor, menos de 15% e 30% nas coortes com e sem presença do ácaro respectivamente, isto pode ser devido as condições climáticas desfavoráveis e principalmente devido a ausência de vegetação natural no solo do entorno das estufas que possivelmente serviria de abrigo para o fornecimento de população de inimigos naturais de forma mais rápida. Este fato se fundamenta pela afirmação de Togni et al. (2019) segundo a qual a conservação de serviços ecossistêmicos é uma prática de manejo adequada para o manejo de

populações de mosca-branca. A presença de vegetação do entorno para suporte aos predadores também foi observada por Alonso (2012).

O parasitismo depois da predação foi o fator que apresentou maior mortalidade insubstituível, causando maior porcentagem de mortalidade de ninfas. Portanto, tal fator pode ser considerado em programas de manejo integrado para aumentar o serviços ecossistêmicos (TOGNI et al., 2019).

No geral, os dados obtidos no presente estudo sobre os fatores naturais de mortalidade e os estágios de mortalidade com a adição de agente de controle biológico permitiu complementar os resultados obtidos em outros estudos de controle de mosca-branca em tomateiro (ALONSO, 2012; TOGNI et al., 2019) e servirá base para realização de estudos em diferentes sistemas e épocas de cultivo visando a implementação com sucesso de um programa de manejo integrado de pragas em tomateiro. Ressalta-se que a falta de diferenças significativas na comparação entre os sistemas (com ou sem liberação do ácaro predador) não sugere que *A. tamatavensis* não tem potencial para realizar importante papel no controle biológico de mosca-branca. A análise da tabela de vida é importante e vem sendo utilizada em estudos ecológicos há muito tempo (PEARL, PARKER, 1921; DEEVEY JÚNIOR, 1947; CAREY, 1993). Todavia, estudos contendo controle dos fatores de mortalidade precisariam ser realizados para complementar o estudo. Estes estudos, aliás, não têm sido considerados em tabelas de vida. Por fim, de qualquer modo, verifica-se o grande potencial de predadores generalistas para controle de mosca-branca. Isto indica que, diferentemente do que se afirmava até pouco tempo, predadores generalistas podem ser importantes componentes no manejo de pragas, conforme já sugerido por Symondson, Sundeland e Greenstone (2002).

5. Referências

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

ALONSO, J. D. S. ***Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) em cultivo protegido de tomate: dinâmica dos fatores de mortalidade e aspectos comportamentais de *Nephaspis torresi* González (Coleoptera: Coccinelidae)**. 2012. 117 f. Tese (Doutorado em Ciência: Entomologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

ASIIMWE, P.; ECAAT, J. S.; OTIM, M.; GERLING, D.; KYAMANYWA, S.; LEGG, J. P. Life-table analysis of mortality factors affecting populations of *Bemisia tabaci* on cassava in Uganda. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 122, n. 1, p. 37–44, 2007.

ASIIMWE, P.; ELLSWORTH, P. C.; NARANJO, S. E. Natural enemy impacts on *Bemisia tabaci* (MEAM1) dominate plant quality effects in the cotton system. **Ecological Entomology**, v. 41, n. 5, p. 642–652, 2016.

BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. Resistance of tomato genotypes to the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 435–441, 2005.

BARBOSA, M. F. C.; POLETTI, M.; POLETTI, E. C. Functional response of *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Mesostigmata: Phytoseiidae) to eggs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on five host plants. **Biological Control**, v. 138, n. 104030, p. 1–5, 2019.

BELLO, V. H.; WATANABE, L. F. M.; SANTOS, B. R.; MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; MARCHI, B. R.; PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R. Evidence for increased efficiency of virus transmission by populations of Mediterranean species of *Bemisia tabaci* with high *Hamiltonella* prevalence. **Phytoparasitica**, v. 47, n. 2, p. 293–300, 2019.

BUONACCORSI, J. P.; ELKINTON, J. S. Estimation of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, v. 32, n. 1, p. 151–171, 1990.

CALVO, F. J.; BOLCKMANS, K.; BELDA, J. E.. Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. **BioControl**. v. 56, p. 185–192, 2011.

CAREY, J. R. The multiple decrement life-table: a unifying framework for cause-of-death analysis in ecology. **Oecologia**, v. 78, n. 1, p. 131–137, 1989.

CAREY, J. R. **Applied demography for biologists: with special emphasis on insects**. New York: Oxford University Press, 1993. 205 p.

CAVALCANTE, A. C. C.; MANDRO, M. E. A.; PAES, E. R.; MORAES, G. J. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, v. 43, n. 1, p. 10–15, 2017.

DEEVEY JUNIOR, E. S. Life tables for natural populations of animals. **The Quarterly Review of Biology**, v. 22, p. 283-314, 1947.

ELKINTON, J. S.; BUONACCORSI, J. P.; BELLOWS JUNIOR, T. S.; VAN DRIESCHE, R. G. Marginal attack rate, k-Values and density dependence in the analysis of contemporaneous mortality factors. **Researches on population Ecology**, v. 34, n. 1, p. 29–44, 1992.

ESASHIKA, D. A. S.; MICHEREFF-FILHO, M.; BASTOS, C. S.; INOUE-NAGATA, A. K.; DIAS, A. M.; RIBEIRO, M. G. P. M. Suscetibilidade de adultos de *Bemisia tabaci* biótipo B a inseticidas. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 189–195, 2016.

GERLING, D.; ALOMAR, O.; ARNÓ, J. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. **Crop protection**, v. 20, p. 779–799, 2001.

GILBERTSON, R. L.; BATUMAN, O.; WEBSTER, C. G.; ADKINS, S. Role of the Insect Supervectors *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in the Emergence

and Global Spread of Plant Viruses. **Annual Review of Virology**, v. 2, n. 1, p. 67–93, 2015.

HADJISTYLLI, M.; RODERICK, G. K.; BROWN, J. K. Global population structure of a worldwide pest and virus vector: Genetic diversity and population history of the *Bemisia tabaci* sibling species group. **PLoS ONE**, v. 11, n. 11, p. 1–32, 2016.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P.; OSTLIE, K. R. Degday: a program for calculating degree-days, and assumptions behind the degree-day approach. **Environmental Entomology**, v. 15, n. 5, p. 999–1016, 1986.

HOROWITZ, A. R.; PODOLER, H.; GERLING, D. Life table analysis of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* in cotton fields in Israel. **Acta ecologia**, v. 5, p. 221–233, 1984.

KARUT, K.; NARANJO, S. E. Mortality factors affecting *Bemisia tabaci* populations on cotton in Turkey. **Journal of Applied Entomology**, v. 133, n. 1986, p. 367–374, 2009.

LEITE, G. L. D.; PICANÇO, M.; JHAM, G. N.; MOREIRA, M. D. Whitefly population dynamics in okra plantations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 19–25, 2005.

MASSARO, M. **Seleção de linhagem de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) mais eficiente no controle de *Bemisia tabaci* Biotipo B.** 2019. 77 f. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

MASSARO, M.; MARTIN, J. P. I.; MORAES, G. J. Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 70, n. 4, p. 411–420, 2016.

MCMURTRY, J. A.; SCRIVEN, G. T. Insectary Production of Phytoseiid Mites. **Journal of Economic Entomology**, v. 58, n. 2, p. 282–284, 1965.

MORAES, L. A.; MARUBAYASHI, J. M.; YUKI, V. A.; GHANIM, M.; BELLO, V. H.; MARCHI, B. R.; BARBOSA, L. F.; BOYKIN, L. M.; KRAUSE-SAKATE, R.; PAVAN, M. A. New invasion of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in Brazil associated to ornamental plants. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 517–525, 2017.

NARANJO, A. S. E. Survival and Movement of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) Crawlers on Cotton. v. 32, n. 1, p. 17–23, 2007.

NARANJO, S. E.; ELLSWORTH, P. C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 116, p. 93–108, 2005.

NARANJO, S. E.; ELLSWORTH, P. C. Methodology for developing life tables for sessile insects in the field using the whitefly, *Bemisia tabaci*, in cotton as a model system. **Journal of Visualized Experiments**, v. 2017, n. 129, 2017.

PEARL, R.; PARKER, S. L. Experimental studies on the duration of life: an introductory discussion of the duration of life in *Drosophila*. **American Naturalist**, v.55, p. 481-509, 1921.

ROYAMA, T. Evaluation of mortality factors in insect life table analysis. **Ecological Monographs**, v. 51, n. 4, p. 495–505, 1981.

SILVA, A. G.; JUNIOR, A. L. B.; FARIAS, P. R. S.; SOUZA, B. H. S.; RODRIGUES, N. E. L.; JESUS, F. G. Dinâmica populacional de mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Homoptera: Aleyrodidae) em feijoeiro. **EntomoBrasilis**, v. 7, n. 1, p. 5–11, 2014.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**. London: Chapman and Hall, 1978.

SYMONDSON, W. O. C.; SUNDERLAND, K. D.; GREENSTONE, M. H. Diffusion of effective behavioral. **Annual review Entomology**, v. 47, n. 1, p. 561–594, 2002.

TOGNI, P. H. B. **Bases ecológicas para o manejo de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em sistemas orgânicos de produção de tomate**. 2009. 110 f, Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

TOGNI, P. H. B.; VENZON, M.; SOUZA, L. M.; SANTOS, J. P. C. R.; SUJII, E. R. Biodiversity provides whitefly biological control based on farm management. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 393–403, 2019.

VARLEY, G. C.; GRADWELL, G. R. Key factors in insect population studies. **Journal of Animal Ecology**, v. 29, p. 399–401, 1960.

6. APÉNDICE A

Coorte 1 - *Amblyseius tamatavensis* liberado.

x	Inviabilidade Predação Patógeno Parasitismo Dessecação Desalojamento Outros									
	aqx	alx	adx	ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,767	1,000	0,767	0,117	0,383	0,000	0,000	0,033	0,117	0,117
Instar I	0,283	0,233	0,066	0,000	0,047	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000
Instar II	0,349	0,167	0,058	0,000	0,023	0,000	0,000	0,008	0,012	0,016
Instar III	0,357	0,109	0,039	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000
Instar IV	0,833	0,070	0,070	0,000	0,027	0,012	0,008	0,004	0,004	0,004
Total			1,000	0,117	0,512	0,012	0,008	0,045	0,159	0,136

Coorte 2 - *Amblyseius tamatavensis* liberado.

x	Inviabilidade Predação Patógeno Parasitismo Dessecação Desalojamento Outros									
	aqx	alx	adx	ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,733	1,000	0,733	0,050	0,450	0,017	0,000	0,050	0,033	0,133
Instar I	0,467	0,267	0,124	0,000	0,111	0,000	0,000	0,009	0,004	0,000
Instar II	0,313	0,142	0,044	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000
Instar III	0,182	0,098	0,018	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000
Instar IV	0,722	0,080	0,080	0,000	0,049	0,000	0,004	0,004	0,000	0,000
Total			1,000	0,050	0,654	0,017	0,004	0,063	0,056	0,133

Coorte 3 - *Amblyseius tamatavensis* liberado.

x	Inviabilidade Predação Patógeno Parasitismo Dessecação Desalojamento Outros									
	aqx	alx	adx	ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,650	1,000	0,650	0,050	0,550	0,000	0,000	0,017	0,033	0,000
Instar I	0,333	0,350	0,117	0,000	0,099	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000
Instar II	0,125	0,233	0,029	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
Instar III	0,257	0,204	0,053	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,006	0,012
Instar IV	0,577	0,152	0,152	0,000	0,047	0,018	0,006	0,006	0,006	0,006
Total			1,000	0,050	0,748	0,018	0,006	0,023	0,074	0,018

Coorte 4 - *Amblyseius tamatavensis* liberado.

x	Inviabilidade Predação Patógeno Parasitismo Dessecação Desalojamento Outros									
	aqx	alx	adx	ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,600	1,000	0,600	0,117	0,350	0,000	0,000	0,050	0,083	0,000
Instar I	0,117	0,400	0,047	0,000	0,033	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000
Instar II	0,151	0,353	0,053	0,000	0,040	0,000	0,000	0,007	0,007	0,000
Instar III	0,178	0,300	0,053	0,000	0,020	0,000	0,000	0,007	0,027	0,000
Instar IV	0,622	0,247	0,247	0,000	0,087	0,020	0,000	0,000	0,020	0,027
Total			1,000	0,117	0,530	0,020	0,000	0,077	0,137	0,027

Coorte 1 – Sem liberação de *Amblyseius tamatavensis*.

x				Inviabilidade	Predação	Patógeno	Parasitismo	Dessecação	Desalojamento	Outros
	aqx	alx	adx	ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,633	1,000	0,633	0,200	0,183	0,017	0,000	0,033	0,083	0,117
Instar I	0,217	0,367	0,079	0,000	0,037	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000
Instar II	0,191	0,287	0,055	0,000	0,037	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000
Instar III	0,263	0,232	0,061	0,000	0,049	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000
Instar IV	0,786	0,171	0,171	0,000	0,092	0,012	0,006	0,006	0,018	0,000
Total			1,000	0,200	0,397	0,029	0,006	0,058	0,157	0,117

Coorte 2 – Sem liberação de *Amblyseius tamatavensis*.

x				Inviabilidade	Predação	Patógeno	Parasitismo	Dessecação	Desalojamento	Outros
	aqx	alx	adx	ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,483	1,000	0,483	0,083	0,283	0,000	0,000	0,017	0,100	0,000
Instar I	0,283	0,517	0,146	0,000	0,034	0,000	0,000	0,026	0,034	0,052
Instar II	0,116	0,370	0,043	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,009	0,009
Instar III	0,211	0,327	0,069	0,000	0,060	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000
Instar IV	0,767	0,258	0,258	0,000	0,129	0,017	0,017	0,000	0,034	0,000
Total			1,000	0,083	0,533	0,017	0,017	0,051	0,178	0,060

Coorte 3 – Sem liberação de *Amblyseius tamatavensis*.

x				Inviabilidade	Predação	Patógeno	Parasitismo	Dessecação	Desalojamento	Outros
	aqx	alx	adx	ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,617	1,000	0,617	0,200	0,083	0,000	0,000	0,067	0,133	0,133
Instar I	0,200	0,383	0,077	0,000	0,026	0,000	0,000	0,013	0,038	0,000
Instar II	0,083	0,307	0,026	0,000	0,013	0,000	0,000	0,006	0,006	0,000
Instar III	0,114	0,281	0,032	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000
Instar IV	0,410	0,249	0,249	0,000	0,045	0,032	0,000	0,006	0,013	0,006
Total			1,000	0,200	0,186	0,032	0,000	0,092	0,204	0,140

Coorte 4 – Sem liberação de *Amblyseius tamatavensis*.

x				Inviabilidade	Predação	Patógeno	Parasitismo	Dessecação	Desalojamento	Outros
	aqx	alx	adx	ad1	adx1	adx2	adx3	adx4	adx5	adx6
Ovo	0,450	1,000	0,450	0,083	0,167	0,000	0,000	0,100	0,100	0,000
Instar I	0,300	0,550	0,165	0,000	0,028	0,000	0,000	0,046	0,055	0,037
Instar II	0,238	0,385	0,092	0,000	0,055	0,000	0,000	0,018	0,018	0,000
Instar III	0,250	0,293	0,073	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000	0,055	0,000
Instar IV	0,667	0,220	0,220	0,000	0,064	0,000	0,000	0,018	0,046	0,018
Total			1,000	0,083	0,332	0,000	0,000	0,183	0,274	0,055

APÉNDICE B

2019	Temperatura (°C)			UR (%)			Vento
	Dia	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
23/jul	28,2	14,6	20,8	78	29,6	54,6	1,61
24/jul	29,8	13,4	21,7	83,8	27,7	53,7	1,4
25/jul	30,2	16,2	22,2	73,3	28,6	51,8	1,49
26/jul	30,1	14,7	21,6	78	23,1	50,3	1,24
27/jul	29,1	14,2	21,3	76	23,6	47,3	1,23
28/jul	28,3	13,5	20,6	72,3	22,1	45,6	1,55
29/jul	28,6	13,1	20	90,2	25,2	56,4	1,31
30/jul	30,1	14,5	21,3	75,8	25,4	51,3	1,4
31/jul	29,5	12,7	20,7	91,1	21,6	53,8	1,1
01/ago	31,2	13,5	22,3	76,9	21,3	43,6	1,34
02/ago	32,8	15,2	24,2	70,2	19	41,5	2,55
03/ago	23,4	12,5	16,7	93,2	49,4	81,2	2,04
04/ago	13,6	11,7	12,8	97	82,1	91,3	2,82
05/ago	18,9	11,4	14,5	97,6	72	89	1,84
06/ago	24,1	12,7	18,4	91,5	52,1	72,2	1,19
07/ago	29,1	14,5	21	89	35,5	65,2	1,76
08/ago	30,3	14,6	22,4	91,1	29,4	56,8	1,12
09/ago	31,2	14	22,9	85,6	25,5	52,5	1,9
10/ago	32,9	16,9	24,2	74,1	16,4	44,7	1,5
11/ago	32,6	15,1	23,9	74,1	17,6	41,6	0,99
12/ago	33	16,4	24,6	66,8	22,3	42,4	1,84
13/ago	33,5	17,4	24,8	74,6	21	46,2	2,5
14/ago	26,6	12,8	18,6	84,9	42,2	66,4	4,09
15/ago	27,8	10,9	18,6	85	29,4	57,7	1,91
16/ago	28,4	11,8	19,8	80,5	25,3	51,7	1,54
17/ago	29,8	13,8	21,8	76	21,9	45,3	2,03
18/ago	31,9	14,8	23,5	66,3	20,3	41	2,2
19/ago	30,6	16,2	22,1	73,4	28,5	53,9	1,75
20/ago	28,9	15,5	21	87,6	40	67,5	2,02
21/ago	30,6	14,1	21	91,6	29,2	64,2	2,3
22/ago	28,5	12,5	19,9	91,7	30,2	61,2	2,19
23/ago	27	11,8	18,5	91,9	33,2	63,3	2,12
24/ago	27,5	11,6	19,1	86,5	21,4	55,3	2,64
25/ago	30,9	11,5	20,4	86,4	14,9	52,4	2
26/ago	31,4	13,2	21,9	82,7	19,1	49,7	1,62
27/ago	31	15,6	22,8	68,6	23,5	46,2	1,72
28/ago	29,2	16,4	22	80,5	30	50,7	1,71
29/ago	31,1	13,7	22	71,8	24,1	46	1,51

2019	Temperatura (°C)			UR (%)			Vento	
	Dia	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Velocidade Média (m/s)
	30/ago	33,1	16,4	24,6	67,5	21	41,7	1,75
	31/ago	35,2	18,6	26,5	62,6	20,5	39,3	3,16
	01/set	33,3	17,2	22,3	91	26,1	67,8	3,37
	02/set	30,2	16,7	22,8	96,7	40,9	72,2	1,29
	03/set	28,2	19,5	22,3	90,7	47	78	1,46
	04/set	33,1	18,5	24,5	91,2	28,5	64,1	2,6
	05/set	31,4	16,1	22	88,7	37,1	66,3	3,78
	06/set	32,8	16,1	22,8	89,5	30,9	65,4	1,86
	07/set	32,5	16,8	24,3	92,7	31,2	63	1,81

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – CAMPUS DE JABOTICABAL