

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Seleção de linhagem de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) mais eficiente no controle de *Bemisia tabaci* Biotipo B.

Marcela Massaro Ribeiro da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2019

Marcela Massaro Ribeiro da Silva
Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas

Seleção de linhagem de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) mais eficiente no controle de *Bemisia tabaci* Biotipo B

Orientador:
Prof. Dr. **GILBERTO JOSÉ DE MORAES**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Silva, Marcela Massaro Ribeiro da

Seleção de linhagem de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae)
mais eficiente no controle de *Bemisia tabaci* Biotipo B

Marcela Massaro Ribeiro da Silva - Piracicaba, 2019.

77 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz".

1. Ácaro predador 2. Mosca-branca 3. Controle biológico 4. Seleção
artificial I. Título

Dedico,

Às pessoas que amo
e que de alguma forma conseguem
tornar meus dias melhores.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Gilberto J. de Moraes, pela atenção com que sempre me orientou, aconselhou e ensinou, permitindo que este trabalho fosse realizado. Agradeço também pela confiança depositada em mim quando me deu a oportunidade de trabalhar ao seu lado.

Ao Prof. Dr. Antônio A. D. Coelho, por aceitar ser meu coorientador e pelos ensinamentos que possibilitaram a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Alberto Soares Correa pela imensa ajuda com a parte molecular e a todos do Laboratório de Ecologia Molecular de Artrópodes por sempre me ajudarem tão gentilmente.

Ao Prof. Dr. Carlos H. W. Flechtmann pelo auxílio prestado na solução de dúvidas.

Aos meus pais, José Roberto R. da Silva e Silvana M. R. da Silva, e minha irmã Gabriela M. R. da Silva, pelo apoio e por sempre acreditarem em mim; sem eles nada disso seria possível.

Ao meu companheiro, Guilherme A. Augusto, pelo incentivo e apoio nos momentos difíceis, por nunca me deixar desistir de meus objetivos.

Aos meus amigos e colegas de laboratório com quem pude conviver durante todos esses anos, em especial à Marielle M. Berto, Fernanda N. Esteca e Mariana Yamada por me alegrarem nos momentos difíceis.

À Me. Michele Ennes pela amizade e pelo auxílio na obtenção dos indivíduos de *A. tamatavensis* do município de Mogi-guaçu (São Paulo).

Ao Dr. Geovanny S. P. Barroso pela amizade e pelo auxílio com a obtenção dos indivíduos de *A. tamatavensis* coletados em Olho d'Água das Flores (Alagoas).

À Dra. Diana M. Rueda, pela amizade e por gentilmente sempre me ajudar com as dúvidas em estatística.

À Me. Sofia, pela amizade e pelo auxílio na obtenção dos indivíduos de *A. tamatavensis* coletados no Peru.

À Dra. Marina F. C. Barbosa pela amizade, ensinamentos e conselhos.

Ao Sr. Luiz Kumagai, por autorizar a coleta dos indivíduos de *A. tamatavensis* em sua fazenda, localizada na cidade de Campinas (São Paulo).

A todos os professores do Departamento de Entomologia e Acarologia, pelo exemplo e disponibilidade.

Aos técnicos do Laboratório de Acarologia, Lásaro V. F. da Silva e Josenilton Mandro pelo apoio nas atividades realizadas.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo, por toda a estrutura e apoio fornecidos.

Ao programa de Pós-Graduação em Entomologia, na figura do coordenador Prof. Dr. Fernando Cômoli pelo auxílio sempre que foi preciso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e CNPq pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ/USP, pela pronta colaboração, e pela ajuda na procura de artigos.

Aos meus velhos amigos, por sempre me incentivarem e entenderem minha ausência durante muitos eventos sociais.

À minha família, por me ajudar a passar pelos momentos difíceis com alegria, vocês são minha vida.

EPIGRAFE

“Don't worry about a thing

Cause every little thing

Gonna be all right...”

Bob Marley

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. ÁCAROS PREDADORES E O CONTROLE BIOLÓGICO	13
1.2. IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA DE AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS.....	13
1.3. MELHORAMENTO GENÉTICO DE INIMIGOS NATURAIS.....	15
1.4. SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FITOSEÍDEOS.....	16
REFERÊNCIAS	18
2. POTENCIAL DE PREDACÃO E OVIPOSIÇÃO DE POPULAÇÕES BRASILEIRAS DO ÁCARO PREDADOR AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS (ACARI: PHYTOSEIIDAE) ALIMENTADOS COM OVOS DE BEMISIA TABACI (INSECTA: ALEYRODIDAE)	25
RESUMO	25
2.1. INTRODUÇÃO	26
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.2.1. Coleta das populações.....	28
2.2.2. Caracterização morfológica	30
2.2.3. Caracterização molecular	31
2.2.4. Testes de predação e oviposição	32
2.3. RESULTADOS	33
2.3.1. Caracterização morfológica	33
2.3.2. Caracterização molecular	37
2.3.3. Testes de predação e oviposição	37
2.4. DISCUSSÃO	38
REFERÊNCIAS	42
3. SELEÇÃO ARTIFICIAL DE AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS (ACARI: PHYTOSEIIDAE) PARA O CONTROLE DA MOSCA-BRANCA BEMISIA TABACI BIÓTIPO B (INSECTA: ALEYRODIDAE).....	49
RESUMO	49
3.1. INTRODUÇÃO	51
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3.2.1. Seleção de linhagem mais eficiente	53
3.2.2. Tabelas de vida de fertilidade de diferentes linhagens de Amblyseius tamatavensis.....	54
3.3. RESULTADOS	55
3.3.1. Seleção de linhagem mais eficiente	55
3.3.2. Tabelas de vida de fertilidade de diferentes linhagens de Amblyseius tamatavensis.....	56
3.4. DISCUSSÃO	57
REFERÊNCIAS	60
4. COMPARAÇÃO ENTRE POPULAÇÕES DE AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS (ACARI: PHYTOSEIIDAE) SELECIONADAS E NÃO SELECIONADAS EM LABORATÓRIO PARA A EFICIÊNCIA DO CONTROLE DE BEMISIA TABACI (INSECTA: ALEYRODIDAE).....	65
4.1. INTRODUÇÃO	66
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	68
4.2.1. Populações utilizadas	68
4.2.2. Avaliação de eficiência	68
4.3. RESULTADOS	71
4.4. DISCUSSÃO	72

REFERENCIAS	74
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77

RESUMO

Seleção de linhagem de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) mais eficiente no controle de *Bemisia tabaci* Biotipo B

Alimentos produzidos de forma mais sustentável têm ganhado espaço e o controle biológico vem assumindo importância cada vez maior em programas de manejo integrado de pragas. Dentre os principais agentes de controle biológico estão os ácaros predadores pertencentes a família Phytoseiidae. *Amblyseius tamatavensis* Blommers é um ácaro predador pertencente a esta família, amplamente distribuído no Brasil e no mundo. Este predador apresentou resultados promissores em relação ao possível uso para o controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius). Alguns estudos mostraram diferenças biológicas marcantes entre as populações de fitoseídeos. Portanto, espera-se que tais diferenças também possam ocorrer entre as populações brasileiras de *A. tamatavensis*. Por isso, 14 populações de diferentes regiões do Brasil (dos estados de Alagoas, Goiás, Minas Gerais e São Paulo) foram comparadas em relação ao potencial de predação e oviposição quando alimentadas com ovos de *B. tabaci* biótipo B. A população coletada em Olhos d'Água das Flores (Alagoas) apresentou as maiores taxas de predação diária (7,9 ovos / fêmea) e oviposição (1,2 ovo / fêmea) e uma variabilidade entre os indivíduos da população que possibilitou um processo de seleção. O objetivo deste trabalho foi selecionar em laboratório uma linhagem de *A. tamatavensis* com maior potencial de predação e oviposição, sendo assim mais favorável para uso prático no controle de *B. tabaci*. Na seleção para predação, após seis gerações, foi observado um ganho genético de 1,1 ovo/fêmea/dia (aproximadamente 15% de aumento em relação à população) na taxa de predação, demonstrando resultado promissor para o melhoramento. Entretanto, o ganho genético foi praticamente nulo quando a população selecionada para predação foi submetida ao processo de seleção para oviposição, e também foi observado um baixo diferencial de seleção, mostrando um baixo potencial para a seleção das melhores fêmeas em relação a este parâmetro. Em função dos resultados promissores em relação ao aumento da eficiência da população de *A. tamatavensis* no controle de *B. tabaci* e das tabelas de vida de fertilidade não mostrarem custos adaptativos importantes, testes em plantas de pimentão mantidas em um telado foram realizados para avaliar a real eficiência desta linhagem. Foram comparadas diferentes populações, selecionadas e não selecionadas em laboratório. Os melhores resultados foram observados com a população que passou pelo processo de seleção, que teve uma eficiência maior quando comparada com as outras populações. Essa população apresentou uma redução nos imaturos de *B. tabaci* que variou de 82% a 90% após 14 dias da liberação dos predadores. Os resultados obtidos nas plantas de pimentão sugerem que, assim como observado nas tabelas de vida realizadas no capítulo anterior, não houve um custo adaptativo significativo na população que passou pelo processo de seleção. Estudos complementares devem ser realizados, para avaliar se essas populações estudadas mantêm o mesmo comportamento em cultivos no campo.

Palavras-chave: Ácaro predador; Mosca-branca; Controle biológico; Seleção artificial

ABSTRACT

Selection of strain of *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) more efficient in the control of *Bemisia tabaci* Biotype B

More attention has been given recently to sustainable food production, and biological control has become increasingly important in integrated pest management programs. Predatory mites of the family Phytoseiidae are among the main biological control agents. *Amblyseius tamatavensis* Blommers is a predatory mite belonging to this family, widely distributed in Brazil and worldwide. This predator presented promising results regarding the possible use for the control of *Bemisia tabaci* (Gennadius). Some studies have shown marked biological differences among phytoseiid populations. It is expected that such differences may also occur among Brazilian populations of *A. tamatavensis*. Therefore, 14 populations of different regions of Brazil (from the states of Alagoas, Goiás, Minas Gerais and São Paulo) were compared in relation to predation and oviposition potential when fed with *B. tabaci* biotype B. The population collected in Olhos d'Água das Flores (Alagoas) presented the highest rates of daily predation (7.9 eggs / female) and oviposition (1.2 egg / female) and sufficient variability among individuals of the population to enable a selection process. The objective of this work was to select in the laboratory a strain of *A. tamatavensis* with higher predation and oviposition potential, being thus more favorable for practical use in the control of *B. tabaci*. In the selection for predation, after six generations, a genetic gain of 1.1 eggs / female / day (approximately 15% increase in relation to the population) in predation rate was observed, showing promising result for breeding. However, the genetic gain was practically null when the population selected for predation was submitted to the selection process for oviposition, and a low selection differential was also observed, showing a low potential for the selection of the best females in relation to this parameter. As a result of the promising results in increasing the efficiency of the *A. tamatavensis* population in the control of *B. tabaci* and because the fertility life tables did not show important adaptive costs, tests on pepper plants were carried in a screen-house to evaluate the real efficiency of this strain. Different populations were compared, selected and not selected in the laboratory. The best results were observed with the population that passed by the selection process, which had a greater efficiency when compared with the other populations. This population showed a reduction in the immatures of *B. tabaci* that ranged from 82% to 90% after 14 days of predator release. The results obtained on the pepper plants suggest that, as observed in the life tables performed previously, there was no significant adaptive cost in the population that passed by selection process. Complementary studies should be carried out to evaluate whether these studied populations maintain the same behavior in field crops.

Keywords: Predatory mite; whitefly; Biological control; Artificial selection

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** DISTRIBUIÇÃO DOS LOCAIS DE COLETA DE POPULAÇÕES DE *AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS* NO BRASIL (MAIO DE 2015 A MAIO DE 2016). 30
- FIGURA 2.** PRIMEIRO SEQUENCIAMENTO DO GENE COI PARA A ESPÉCIE *AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS* 37
- FIGURA 3.** A - VASO DE 1L COLOCADO EM UM PRATO (26 CM DE DIÂMETRO) CONTENDO VERMICULITA. B - GAIOLA CONSTITUÍDA PELA JUNÇÃO DE DUAS GARRAFAS “PET” (5 L) COM DUAS ABERTURAS DIAMETRALMENTE OPOSTAS (17 CM DE ALTURA E 8 CM DE COMPRIMENTO) E UMA ABERTURA SUPERIOR (3 CM DE DIÂMETRO) COBERTAS POR UM TECIDO DE POLIÉSTER (400 MESH). 70
- FIGURA 4.** A - “CLIP-CAGE” (2,8 CM DE DIÂMETRO). B - PONTEIRA MICROPIPETA (1 ML) ACOPLADA COM UMA MANGUEIRA FLEXÍVEL (0,5 CM DE DIÂMETRO), UTILIZADA COMO UM ASPIRADOR PARA SE COLETAR OS ADULTOS DE *B. TABACI*. 71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. LOCALIDADES E SUBSTRATO DE ORIGEM DE CADA POPULAÇÃO DE <i>AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS</i> ESTABELECIDAS DE COLETAS REALIZADAS NO BRASIL (MAIO DE 2015 A MAIO DE 2016).....	29
TABELA 2. COMPRIMENTOS MÉDIOS (EM MICRÔMETROS \pm ERRO PADRÃO DA MÉDIA) DE ESTRUTURAS TAXONOMICAMENTE RELEVANTES DE POPULAÇÕES DE <i>AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS</i> COLETADAS EM DIFERENTES MUNICÍPIOS BRASILEIROS ENTRE MAIO 2015 E MAIO DE 2016, E APRESENTADOS NA DESCRIÇÃO ORIGINAL DA ESPÉCIE (BLOMMERS, 1974).	35
TABELA 3. MÉDIAS DIÁRIAS (\pm ERRO PADRÃO DA MÉDIA) DE OVOS DE <i>BEMISIA TABACI</i> PREDADOS E DE OVOS POSTOS PELA FÊMEA ADULTA DE POPULAÇÕES DE <i>AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS</i> DE DIFERENTES MUNICÍPIOS BRASILEIROS.	38
TABELA 4. : PREDUÇÃO MÉDIA DIÁRIA (OVOS DE <i>BEMISIA TABACI</i> \pm EP) DE CADA FÊMEA E PARÂMETROS GENÉTICOS AVALIADOS APÓS CADA CICLO DE SELEÇÃO DE <i>AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS</i> , REALIZADO EM CÂMARA CLIMATIZADA A $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ DURANTE O DIA, $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ DURANTE A NOITE, $76 \pm 11\%$ DE UMIDADE RELATIVA E FOTOPERÍODO DE 12 HORAS.	55
TABELA 5. OVIPOSIÇÃO MÉDIA DIÁRIA (DIAS \pm EP) DE CADA FÊMEA E PARÂMETROS GENÉTICOS AVALIADOS APÓS CADA CICLO DE SELEÇÃO DE <i>AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS</i> , REALIZADO EM CÂMARA CLIMATIZADA A $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ DURANTE O DIA, $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ DURANTE A NOITE), $76 \pm 11\%$ DE UMIDADE RELATIVA E FOTOPERÍODO DE 12 HORAS.	55
TABELA 6. DURAÇÃO (DIAS \pm EP) DOS ESTÁGIOS IMATUROS E DE DIFERENTES FASES DO ESTÁGIO ADULTO, SOBREVIVÊNCIA (%) DE IMATUROS E PARÂMETROS DA TABELA DE VIDA DA POPULAÇÃO ORIGINAL, SELECIONADA PARA PREDUÇÃO (SELECIONADA 1) E PARA PREDUÇÃO E OVIPOSIÇÃO (SELECIONADA 2) DE <i>AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS</i> , ALIMENTADO COM OVOS DE <i>BEMISIA TABACI</i> , A $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ DURANTE O DIA E $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ DURANTE A NOITE, $74 \pm 7\%$ DE UMIDADE RELATIVA E FOTOPERÍODO DE 12 HORAS.....	56
TABELA 7. TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA (MÉDIA, MÍNIMA, MÁXIMA) REGISTRADAS DENTRO DA GAIOLA CILÍNDRICA CONTENDO UMA PLANTA DE PIMENTÃO APÓS A LIBERAÇÃO DE <i>AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS</i> EM CADA UMA DAS CINCO REPETIÇÕES.	69
TABELA 8. NÚMERO DE IMATUROS (\pm EP) DE <i>BEMISIA TABACI</i> EM DIFERENTES PERÍODOS APÓS A OVIPOSIÇÃO, NA AUSÊNCIA DE PREDADORES OU NA PRESENÇA DE DIFERENTES POPULAÇÕES DE <i>AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS</i> , EM PLANTAS DE PIMENTÃO (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> , DAHRA).....	71

1. INTRODUÇÃO

1.1. Ácaros predadores e o controle biológico

O controle biológico vem assumindo importância cada vez maior em programas de manejo integrado de pragas (MIP), nos quais é frequentemente associado a outros métodos de controle, como cultural, físico, de resistência de plantas e químico (Parra et al., 2002). O maior uso deste método de controle de pragas contribui para a melhoria da qualidade dos produtos agrícolas e do meio ambiente.

Um dos principais agentes de controle biológico são os ácaros predadores. Dentre eles, os mais pesquisados e empregados são os da família Phytoseiidae, que contém mais de 2.700 espécies (Demite et al., 2018). Estes são ácaros encontrados principalmente sobre plantas, mas também podem ocorrer no solo. Características importantes destes predadores são os movimentos rápidos, comportamento fototrópico negativo, corpo brilhante, ciclo de vida relativamente curto e reprodução do tipo pseudo-arretonoquia (Moraes & Flechtmann, 2008).

Em termos gerais, a utilização do controle biológico no campo é pequena em comparação com o uso do controle químico. Entretanto, o desenvolvimento de melhores métodos de criação massal e de liberação em campo e o desenvolvimento de métodos de melhoramento genético com o intuito de selecionar linhagens de inimigos naturais mais eficientes e adaptadas para o controle de pragas no campo poderiam contribuir para o aumento da utilização deste método de controle (Lommen et al., 2017).

Apesar disso, alimentos produzidos de forma mais sustentável têm ganhado espaço no mercado e o produtor tem conseguido agregar maior valor a seu produto com a adoção do controle biológico (Crowder e Reganold, 2015). Além disso, inúmeros casos de resistência de pragas a produtos químicos vêm obrigando os produtores a procurar métodos alternativos de controle, como o controle biológico com o uso de ácaros predadores.

1.2. Importância agrícola de *Amblyseius tamatavensis*

Amblyseius tamatavensis Blommers é um ácaro predador pertencente à família Phytoseiidae originalmente descrito da Ilha de Madagascar (Blommers, 1974). Este predador é hoje encontrado em mais de 20 países de quatro continentes (África, Ásia, América do Norte e do Sul e Oceania) (Demite et al., 2018). No Brasil, é uma espécie amplamente

distribuída, tendo sua presença sido relatada nos estados da Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Pará, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Roraima, São Paulo, Sergipe e Tocantins (Demite *et al.*, 2018).

Espécies do gênero *Amblyseius* são classificadas por McMurtry *et al.* (2013) como generalistas, ou seja, que se alimentam e se reproduzem em uma ampla variedade de presas. Além disso, ácaros deste gênero são encontrados usualmente em plantas de folhas lisas. *Amblyseius tamatavensis* é um típico representante deste grupo, que se alimenta de várias presas e outras fontes de alimento, como ácaros Astigmatina, tetraniquídeos, pólen, nematoides e ovos de pequenos insetos como a mosca-branca (Cavalcante *et al.*, 2015; Massaro *et al.*, 2016). Uma característica importante desta espécie é que pode ser facilmente criada de forma massal em laboratório quando alimentada com *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa, OConnor & Moraes, ácaro do grupo Astigmatina (Massaro *et al.*, 2019). Os Astigmatina podem ser facilmente produzidos em grande quantidade com farinha, farelo ou substratos similares, quanto mantidos em recipientes relativamente pequenos (Griffiths, 1964; Sinha, 1964; Hughes, 1976; Ramakers e van Lieburg, 1982). Isso geralmente torna o processo de criação menos dispendioso do que aqueles que usam ácaros fitófagos como alimento, devido às exigências reduzidas de custos com espaço, trabalho e manutenção (Gerson *et al.*, 2003), o que pode permitir a produção de *A. tamatavensis* a preços relativamente baixos, tornando-o mais acessível para uso pelo produtor.

Este predador apresentou resultados promissores em relação ao possível uso para o controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius). Cavalcante *et al.* (2017) demonstraram que liberações de *A. tamatavensis* podiam reduzir em 60–80% a densidade de *B. tabaci* em plantas de pimentão. Este inseto é uma praga de grande importância econômica, que causa danos diretos e indiretos a diversas culturas, como algodão, feijão, soja, plantas ornamentais e hortaliças (Brown *et al.*, 1995; de Barro *et al.*, 2011; Lourenção *et al.*, 2014). Os danos diretos se referem a alterações bioquímicas, fisiológicas, anatômicas e de desenvolvimento das plantas infestadas, podendo haver diminuição das reservas das plantas, com redução da produção e indução de desordens fisiológicas (Inbar; Geling, 2008). Com relação aos danos indiretos, durante o processo de alimentação o inseto excreta uma substância açucarada sobre a qual se desenvolve um fungo do gênero *Capnodium* (fumagina). Além disso, *B. tabaci* é vetor de 128 espécies de fitovírus (Hogenhout *et al.*, 2008).

O controle desta praga/vetor é realizado principalmente com a utilização de inseticidas (Silva *et al.*, 2009). Entretanto, devido ao alto potencial reprodutivo, ampla gama de

hospedeiros (que permite migração entre os cultivos) e inúmeros casos de resistência à inseticidas, este método não tem sido tão eficaz. Por isso, a busca por inimigos naturais para utilização no controle biológico tem se tornado tão importante, já que a utilização de ácaros predadores como *A. tamatavensis* seria uma alternativa ao controle convencional com produtos químicos. Em países da Europa e da América do Norte, o controle de *B. tabaci* já pode ser realizado com a utilização de algumas espécies de ácaros predadores. Os fitoseídeos *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor), *Amblyseius swirskii* Athias Henriot e *Euseius gallicus* Kreiter & Tixier têm sido utilizados no controle deste inseto-praga (Hoogerbrugge et al., 2005; Knapp et al., 2013; Eppo, 2017).

1.3. Melhoramento genético de inimigos naturais

O termo melhoramento genético implica em que o ser humano consiga alterar as características genéticas de espécies para se adequar às suas necessidades (Hoy, 1985). Sendo assim, este processo envolve alterações genéticas dirigidas e propositais que poderiam melhorar a eficácia de inimigos naturais para o controle biológico de pragas (Hoy, 1990). A manipulação genética pode acelerar eventos que ocorrem raramente no campo, produzindo resultados que dificilmente ocorreriam naturalmente. O melhoramento genético, teoricamente, pode ser conseguido através de seleção artificial, hibridização, ou uso de técnicas de DNA recombinante (Beckendorf e Hoy, 1985).

A variação interespecífica, ou seja, a variação entre espécies, tem sido tradicionalmente utilizada para a escolha do inimigo natural mais eficiente no controle de determinada praga. Entretanto, a variação intraespecífica, ou seja, a variação entre indivíduos de uma mesma espécie, ainda é muito pouco avaliada na prática atual de controle biológico para selecionar novos inimigos naturais (Lommen, 2017).

Tal variação intraespecífica é amplamente evidenciada para características importantes no controle biológico (Tabone et al., 2010; Wajnberg, 2010; Wajnberg et al., 2012), que podem existir tanto entre como dentro das populações. Em algumas espécies, esta variação é estudada intensivamente para responder questões básicas em ecologia e evolução. Entretanto, o conhecimento sobre a variação intraespecífica poderia ser explorado para otimizar a eficácia dos agentes de controle, ou para tornar novos inimigos naturais mais adequados para aplicação no controle de pragas. A presença de variação genética natural fornece o potencial para selecionar para menor ou maior os valores de características desejadas em aplicações do

controle biológico. A variação entre populações naturais pode ser utilizada para iniciar uma criação com indivíduos de populações com características mais próximas das desejadas (Lommen et al., 2017).

O melhoramento genético de inimigos naturais para o controle biológico de pragas tem envolvido principalmente a seleção artificial destes organismos para a resistência a pesticidas, ausência de diapausa, maior tolerância a temperaturas extremas e hibridização de diferentes linhagens para conseguir vigor híbrido (Hoy, 1990, 1993; Stouthamer et al., 1992; Whitten e Hoy, 1999).

Uma preocupação existente quando se fala sobre processos de melhoramento genético são os custos adaptativos que podem estar associados à seleção de indivíduos com as características desejadas. Estes custos já foram evidenciados em esforços para o desenvolvimento de resistência de inimigos naturais a produtos químicos (Rezende et al., 2013; Duso et al., 1992).

1.4. Seleção de linhagens de fitoseídeos

Assim como para outros inimigos naturais, o melhoramento genético de ácaros predadores tem sido realizado principalmente para a seleção artificial de linhagens resistentes a pesticidas. Vários fitoseídeos têm sido selecionados em laboratório para resistência de produtos químicos como carbamatos e piretróides. Um dos esforços mais bem-sucedidos refere-se à implementação de uma linhagem de *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) resistente a vários produtos químicos. Segundo Hoy (2000), o programa de manejo com a liberação deste predador em plantações de amêndoas proporcionou uma economia de 20 milhões, que se deve principalmente ao menor uso de acaricidas para o controle do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch.

Outros exemplos de seleção de linhagens de fitoseídeos aos quais variados pesticidas referem-se às espécies *Neoseiulus fallacis* (Garman) (Thistlewood et al., 1995), *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) (Sato et al., 2000), *Typhlodromus pyri* (Scheuten) (Hardman et al., 2000), *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Salman et al., 2015), entre outros. A seleção de fitoseídeos resistentes a pesticidas é muito importante pois possibilita o uso simultâneo de dois métodos de controle, usualmente o químico para o controle de uma praga e o biológico para o controle de outra praga.

Fitoseídeos também têm sido selecionados em laboratório para a ausência de diapausa em cultivos protegidos (Hoy, 1984; Field e Hoy, 1985; Morewood e Gilkeson, 1991, van

Houten et al., 1995) e para tolerância a altas temperaturas (Voroshilov, 1979). Entretanto modificações de outras características, tais como aumento da taxa de predação e oviposição, que teoricamente poderiam resultar em maior eficiência no controle, não têm sido buscadas.

O tipo de reprodução do organismo selecionado pode ter muita influência no resultado final do processo de seleção. Na reprodução do tipo pseudo-arrenotoquia dos fitoseídeos, ambos os sexos são originários de ovos diploides fecundados, mas, no entanto, poucas horas após a fecundação, ocorre a perda do conjunto de cromossomos de origem paterna nos indivíduos que darão origem aos machos haploides (Sabelis & Nagelkerke, 1988). Este tipo de haplo-diploidia pode afetar a genética evolutiva das espécies de diversas formas. A expressão gênica em machos é materna e, portanto, mutações recessivas são expostas à seleção em machos, primeiramente, reduzindo a carga genética, devido a uma menor taxa de mutação efetiva e à exposição de alelos deletérios recessivos em machos haploides (Werren, 1993) e, em segundo lugar, aumentando a taxa na qual mutações benéficas recessivas raras podem se espalhar. Como resultado, espera-se que essas espécies se adaptem mais rapidamente a ambientes em mudança. Além disso, a seleção entre fêmeas tem um impacto relativamente maior na mudança evolutiva, já que cada gene se encontra em uma frequência maior em fêmeas do que em machos (Price, 1970).

O objetivo geral do presente trabalho foi a seleção de uma linhagem de *A. tamatavensis* com maior eficiência de controle de *B. tabaci* e de maior potencial biótico. Além disso, os objetivos específicos do projeto foram: determinar os níveis de diferenças bióticas entre populações deste predador e estabelecer uma linhagem (mais eficiente no controle de *B. tabaci*) deste predador em laboratório que possa ser utilizada por empresas de controle biológico interessadas em sua produção massal.

REFERÊNCIAS

- BECKENDORF, S.K.; HOY, M.A. Genetic improvement of arthropod natural enemies through selection, hybridization or genetic engineering techniques, pp. 167-187. In: **Biological control in agricultural IPM systems**. M. A. Hoy and D. C. Herzog, Eds. Academic Press, New York, 1985.
- BLOMMERS, L. 1974. Species of the genus *Amblyseius* Berlese, 1914, from Tamatave, east Madagascar (Acarina: Phytoseiidae). **Bulletin Zoologisch Museum Universiteit van Amsterdam**, The Netherlands, v. 3, p.:143--155, 1974.
- 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**, Stanford, v. 40, p. 511-534, 1995.
- DE BARRO, P.J.; LIU, S.S.; BOYKIN, L.M.; DINSDALE, A.B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 56, p. 1-19, 2011.
- CAVALCANTE, A.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**, Lanham, v. 108, n. 1, p. 29-33, 2015.
- CAVALCANTE A.C.C., MANDRO M.E.A., PAES E.R., MORAES G. J. 2017. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleurodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, 43: 10-15, 2017.
- CROWDER, D.W.; REGANOLD, J.P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v. 112, p. 7611-7616, 2015.

DEMITE, P.R.; MORAES, G.J. de; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CASTILHO, R.C. **Phytoseiidae Database**. Disponível em: <<http://www.lea.usp.br/phytoseiidae/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

DUSO, C.; CAMPORESE, P.; VAN DER GEEST, L. P. S. Toxicity of a number of pesticides to strains of *Typhlodromus pyri* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae). **Entomophaga**, Paris, v. 37, p. 362-372, 1992.

EPPO – EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Commercially used biological control agentes: arachnida, acarina**. Disponível em: <http://archives.eppo.int/EPPOStandards/biocontrol_web/acarina.htm>. Acesso em 20 jan. 2017.

FIELD, R.P.; HOY, M.A. Diapause behavior of genetically improved strains of the spider mite predator *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 38, p. 113-120, 1985.

GERSON, U.; SMILEY, R. L.; OCHOA, R. **Mites (Acari) for pest control**. Oxford: Blackwell Science, 2003. 539 p.

GRIFFITHS, D. A. A revision of the genus *Acarus* L., 1758 (Acaridae, Acarina). **Bulletin of the Natural History Museum (Zoology)**, London, v. 11, p. 415-464, 1964.

HARDMAN, J.M.; MOREAU, D.L.; SNYDER, M.; GAUL, S.O.; BENT, E.D. Performance of a pyrethroid-resistant strain of the predator mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) under different insecticide regimes. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, p. 590-604, 2000.

HOGENHOUT, S.A.; AMMAR, E.D.; WHITFIELD, A.E.; REDINBAUGH, M.G. Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 46, n. 1, p. 327-359, 2008.

- HOOGERBRUGGE, H.; CALVO, J.; HOUTEN, Y. VAN; BELDA, J.E.; BOLCKMANS, K. Biological control of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* with the predatory mite *Amblyseius swirskii* in sweet pepper crops. **IOBC/WPRS Bulletin**, Turku, v. 28, n. 1, p. 119-122, 2005.
- HOY, M.A. Genetic improvement of a biological control agent: Multiple pesticide resistances and non-diapause in *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Phytoseiidae). In: D.A. Griffiths (ed.), **Acarology** 6, vol. 2 (pp. 673-679). Chichester, U.K.: Ellis Horwood, 1984.
- HOY, M.A.; GROOT, J.J.R.; VAN DE BAAN, H.E. Influence of aerial dispersal on persistence and spread of pesticide-resistant *Metaseiulus occidentalis* in California almond orchards. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 37, p. 17–32, 1985.
- HOY, M. A. Pesticide resistance in arthropod natural enemies: variability and selection responses, pp. 203–236. In: **Pesticide Resistance in Arthropods**. R. T. Roush, and B. E. Tabashnik, Eds. Chapman, and Hall, New York, 1990.
- HOY, M. A. Transgenic beneficial arthropods for pest management programs: An assessment of their practicality and risks, pp. 357–369. In: **Pest Management: Biologically Based Technologies**. R. D. Lumsden, and J. L. Vaughn, Eds. Am. Chem. Soc. Conf. Proc. Series., Washington, DC, 1993.
- HOY, M. A. Transgenic arthropods for pest management programs: risks and realities. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 24, p. 463–495, 2000.
- HUGHES, A. M. **The Mites of Stored Food and Houses**. London: Ministry of Agriculture and Fisheries, 1976. 400 p. (Technical Bulletin, 9).
- INBAR, M.; GERLING, D. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 53, p. 431-438, 2008.
- KNAPP, M.; HOUTEN, Y. VAN; HOOGERBRUGGE, H.; BOLCKMANS, K. *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) as biocontrol agent: literature review and new findings, **Acarologia**, Paris, v. 53, p. 191-202, 2013.

- LOMMEN, S. T. E.; JONG, P. W.; PANNEBAKKER, B. A. It is time to bridge the gap between exploring and exploiting: prospects for utilizing intraspecific genetic variation to optimize arthropods for augmentative pest control – a review. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 162, p. 108-123, 2017.
- LOURENÇÃO, A.L.; SAKATE, R.K.; VALLE, G.E. *Bemisia tabaci* biótipo B. In: Vilella, E.; Zucchi, R.A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, 2015.
- MASSARO M., MARTIN J.AP.I., MORAES G.J., Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 8, p. 297-320, 2013/70: 411, 2016.
- MASSARO M., MONTRAZI M., MELO J.W.S., MORAES G.J. Production of *Amblyseius tamatavensis* with *Thyreophagus crasentiseta* (Acari: Phytoseiidae, Acaridae). **International Journal of Pest Management** (no prelo), 2019.
- MCMURTRY, J.A.; MORAES, G.J.; SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyle of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic & Applied Acarology**, London, 8: 297-320, 2013.
- MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia**. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 308p
- MOREWOOD, W.D.; GILKESON, L.A. Diapause induction in the thrips predator *Amblyseius cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae) under greenhouse conditions. **Entomophaga**, Paris, v. 36, p. 253-263, 1991.
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle biológico: terminologia. In:_____. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16.

- PRICE, G.R. Selection and covariance. **Nature**, 227:520-521, 1970.
- RAMAKERS, P.M.J.; VAN LIEBURG, M.J. Start of commercial production and introduction of *Amblyseius mckenziei* Sch. & Pr. (Acarina: Phytoseiidae) for the control of *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae) in glasshouses. **Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit**, Ghent, v. 47 n. 2, p. 541-545, 1982.
- REZENDE, D. D. M.; FADINI, M. A. M.; OLIVEIRA, H. G.; OLIVEIRA, C. M.; MELO, J. W. S.; GUEDES, R. N. C.; PALLINI, A. Fitness costs associated with low-level dimethoate resistance in *Phytoseiulus macropilis*. **Experimental and Applied Acarology**, Dordrecht, v. 60, p. 367-379, 2013.
- SABELIS, M. W.; NAGELKERKE, C. J. "Evolution of pseudo-arrhenotoky". **Experimental and Applied Acarology**, Dordrecht, v. 4, p. 301–318, 1988.
- SALMAN, S.Y.; AYDINLI, F.; AY, R. Selection for resistance: Cross-resistance, inheritance, synergists and biochemical mechanisms of resistance to acequinocyl in *Phytoseiulus persimilis* A.H. (Acari: Phytoseiidae). **Crop Protection**, Guilford, v. 67, p. 109-115, 2015.
- SATO, M.E.; MIYATA, T.; KAWAI, A.; NAKANO, O. Selection for resistance and susceptibility to methidathion and cross resistance in *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 53, n. 3, p. 393-399, 2000.
- SINHA, R. N. Role of Acarina in the stored grain ecosystem. In: RODRIGUEZ, J. G. (Ed.) **Recent advances in Acarology**. London: Academic Press, 1979. p. 263-271.
- SILVA, L. D.; OMOTO, C.; BLEICHER, E.; DOURADO, P. M. Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de Bemisia tabaci (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 116-25, 2009.
- STOUTHAMER, R.; LUCK, R.F.; WERREN, J.H. Genetics of sex determination and the improvement of biological control using parasitoids. **Environmental Entomology**, College Park, v. 21, p. 427–435, 1992.

- TABONE, E; BARDON, C.C; DESNEUX, N.; WAJNBERG, E. Parasitism of different *Trichogramma* species and strains on *Plutella xylostella* L. on greenhouse cauliflower. **Journal of Pest Science**, v. 83, p. 251–256, 2010.
- THISTLEWOOD, H.M.A.; PREE, D.J.; CRAWFORD, L.A. Selection and genetic analysis of permethrin resistance in *Amblyseius fallacis* (Garman) (Acari: Phytoseiidae) from Ontario apple orchards. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 19, p. 707-721, 1995.
- VAN HOUTEN Y.M., VAN RIJN P.C.J., TANIGOSHI L.K., VAN STRATUM P., BRUIN J. Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordercht, 74: 225–234, 1995.
- VOROSHILOV, H.V. Heat-resistant lines of the mite *Phytoseiulus persimilis* A-H. **Genetika**, v. 15, n. 1, p. 70-76, 1979.
- WAJNBERG, E. Genetics of the behavioral ecology of egg parasitoids. **Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma** (ed. by FL Consôli, JRP Parra & RA Zucchi). Springer Dordrecht, p. 149–165, 2010.
- WAJNBERG, E.; CURTY, C.; JERVIS, M. Intra-population genetic variation in the temporal pattern of egg maturation in a parasitoid wasp. **Plos One**, v. 7, p. 9-13, 2012.
- WERREN, J.H. The evolution of inbreeding in haplodiploid organisms. **In The Natural History of Inbreeding and Outbreeding: Theoretical and Empirical Perspectives**. Edited by Thornhill NW. University of Chicago Press, 1993.
- WHITTEN, M. HOY, M.A. Genetic improvement and other genetic considerations for improving the efficacy and success rate of biological control, pp. 271–296. In: **Principles**

and Applications of Biological Control. T. S. Bellows, and T.W. Fisher, Eds. Academic Press, San Diego, 1999.

2. POTENCIAL DE PREDÇÃO E OVIPOSIÇÃO DE POPULAÇÕES BRASILEIRAS DO ÁCARO PREDADOR *AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) ALIMENTADOS COM OVOS DE *BEMISIA TABACI* (INSECTA: ALEYRODIDAE)

RESUMO

Amblyseius tamatavensis Blommers já foi relatado em mais de 20 países ao redor do mundo, sendo também amplamente distribuído no Brasil. Tem sido relatado como potencialmente útil para o controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius), um inseto-praga / vetor de grande importância econômica em todo o mundo. Alguns estudos mostraram diferenças biológicas marcantes entre as populações de fitoseídeos. Portanto, espera-se que tais diferenças também possam ocorrer entre as populações brasileiras de *A. tamatavensis*. O objetivo deste trabalho foi comparar 14 populações de diferentes regiões do Brasil (dos estados de Alagoas, Goiás, Minas Gerais e São Paulo; distância em linha reta entre os extremos norte e sul, 2.560 km) em relação ao potencial de predação e oviposição quando alimentados com ovos de *B. tabaci* biótipo B. A caracterização morfológica desses ácaros mostrou que a população de Olhos d'Água das Flores (Alagoas) e uma população de origem mista mantida em laboratório por cerca de 5 anos foram constituídos pelos maiores ácaros e apresentaram as maiores taxas de predação diária (respectivamente 7,9 e 7,0 ovos / fêmea) e oviposição (1,2 e 1,1 ovo / fêmea). Relação positiva e significativa foi observada entre as taxas médias de predação e oviposição da população. Os resultados sugeriram que os esforços subsequentes devem se concentrar em explorar a variabilidade de ácaros dessas duas populações em relação à predação e ao potencial de oviposição, a fim de selecionar uma nova população mais promissora para o controle de *B. tabaci* biótipo B.

Palavras chave: Controle biológico; Variabilidade intrapopulacional; Mosca-branca

ABSTRACT

Amblyseius tamatavensis Blommers has been reported from over 20 countries around the world, and is also widely distributed in Brazil. It has been reported as potentially useful for the control of *Bemisia tabaci* (Gennadius), a pest/vector insect of great economic importance worldwide. Some studies have showed marked biological differences among phytoseiid populations. Therefore, it is expected that such differences could also occur among Brazilian *A. tamatavensis* populations. The objective of this work was to compare 14

populations of different regions of Brazil (from the states of Alagoas, Goiás, Minas Gerais and São Paulo; straight line distance between north and south extremes, 2,560 km) in relation to the predation and oviposition potential when fed with eggs of *B. tabaci* biotype B. The morphological characterization of these mites showed that the population from Olhos d'Água das Flores (Alagoas state) and a population from mixed origin maintained in the laboratory for about 5 years were constituted by the largest mites and presented the highest rates of daily predation (respectively 7.9 and 7.0 eggs/ female) and oviposition (1.2 and 1.1 egg/ female). Positive and significant relationship was observed between mean population predation and oviposition rates. The results suggested that subsequent efforts should focus on exploring the variability of mites of those two populations in relation to predation and oviposition potential, in order to select a new, more promising population to control *B. tabaci* biotype B.

Keywords: Biological control; Intra-populational variability; Whitefly

2.1. Introdução

Bemisia tabaci (Gennadius), popularmente conhecida como mosca-branca, é uma praga de grande importância econômica, para uma variedade de culturas, como algodão, feijão, soja, plantas ornamentais e hortaliças (Brown et al., 1995; de Barro et al., 2011; Lourenção et al., 2014), sendo também vetor de 128 vírus de plantas (Hogenhout et al., 2008). O controle desta praga/vetor é realizado principalmente com a utilização de inseticidas. Entretanto, devido ao alto potencial reprodutivo, ampla gama de hospedeiros (que permite migração entre cultivos) e inúmeros casos de resistência a inseticidas, este método não tem sido tão eficaz. Paralelamente, há uma crescente preocupação em manter ou melhorar a qualidade dos produtos agrícolas e do meio ambiente, o que levou à busca de métodos menos agressivos de controle de pragas, incluindo o controle biológico. Alguns ácaros predadores da família Phytoseiidae têm sido amplamente utilizados para o controle biológico de *B. tabaci* (Calvo et al., 2015).

Espera-se que a variabilidade biológica ocorra entre populações de praticamente todos os organismos, especialmente dos mais amplamente distribuídos. A variabilidade significativa que afeta a eficiência das populações de fitoseídeos como agentes de controle biológico tem sido relatada na literatura (Furtado et al., 2007; Ferrero et al., 2010; Domingos et al., 2013). A atenção dada a espécies com eficácia comprovada ou que tenham se mostrado promissoras para o controle de diferentes espécies de pragas pode permitir a detecção de populações mais eficientes. Informações abundantes podem ser encontradas na literatura em relação à resistência a pesticidas (Thistlewood et al., 1995; Sato et al., 2000; Hardman et al., 2000;

Salman et al., 2015), diapausa (Hoy, 1984; Field & Hoy, 1985; Morewood e Gilkeson, 1991; van Houten et al., 1995b), ou tolerância a temperaturas extremas (Voroshilov, 1979) e baixa umidade (Walzer et al., 2007; Gómez-Moya et al., 2018).

Amblyseius tamatavensis Blommers é um fitoseídeo que parece se encaixar no grupo do tipo III-b (generalistas predadores que vivem em folhas lisas) de McMurtry et al. (2013). Foi relatado por Cavalcante et al. (2017) como um inimigo natural promissor para o controle de *B. tabaci*. Liberações experimentais deste predador em casas de vegetação mostraram redução da densidade de *B. tabaci* em plantas de pimentão em até 60-80%. Pode ser facilmente produzido em grandes quantidades no laboratório (Massaro et al., 2019) quando alimentado com ácaros astigmatina, o que poderia facilitar a produção massal para uso prático. Tem sido relatado em mais de 20 países em todo o mundo (Africa, Asia, América e Oceania), e no Brasil, foi relatado em uma vasta área, em 12 estados das regiões norte a sudeste do país (Demite et al., 2018). Assim, parece possível que melhores resultados quanto ao seu potencial para controlar *B. tabaci* pudessem ser obtidos em comparação com os relatados por Cavalcante et al. (2017), utilizando outras populações de *A. tamatavensis*.

Muitas características biológicas podem afetar o desempenho de potenciais agentes de controle biológico. Sua importância relativa deve variar de acordo com as condições ambientais abióticas e bióticas predominantes na região onde se espera que o agente seja usado. Assim, encontrar a “melhor” população predadora para controlar uma espécie de praga parece ser uma tarefa complexa. No entanto, para o controle biológico aumentativo sob condições controladas, como no cultivo protegido, a tarefa é facilitada, pré-estabelecendo limites para muitas das variáveis (como os fatores climáticos, características da planta, etc). Algumas das características que foram consideradas na seleção de fitoseídeos mais eficazes são predação e potencial de oviposição (van Houten et al., 1995a).

O objetivo do presente trabalho foi comparar populações de *A. tamatavensis* de diferentes regiões do Brasil em relação à sua predação e potencial de oviposição quando alimentadas com ovos de *B. tabaci* biótipo B. Este pode ser considerado o primeiro passo em um processo longo que prevê a seleção de uma população nova e melhor adaptada para o controle daquela praga / vetor.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Coleta das populações

Amostras de partes aéreas de plantas com folhas lisas (preferidas por *A. tamatavensis*) de diferentes espécies foram coletadas de maio de 2015 a maio de 2016 em regiões brasileiras com diferentes características ecológicas. Estes foram examinados sob estereomicroscópio para a coleta de ácaros preliminarmente identificados como *Amblyseius* (com longas setas Z5 e escudo dorsal brilhante), os quais foram transferidos para unidades de criação similares àquelas descritas por McMurtry e Scriven (1965). Estes foram alimentados com pólen de *Typha domingensis* Persoon e diferentes estágios de *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa, Oconnor e Moraes (Cavalcante et al., 2015; Massaro et al., 2016). Cerca de 15 dias após o estabelecimento de cada colônia, 5-10 fêmeas adultas foram montadas no meio de Hoyer para identificar as espécies sob um microscópio de contraste de fase (Leika, DMLB). No total, foram estabelecidas 14 colônias, uma de cada população (Tabela 1, Figura 1). Uma delas é de origem incerta e foi mantida em laboratório por cerca de 5 anos. A distância em linha reta entre os locais mais extremos de coleta (Olho d'Água das Flores e Cananeia, locais 1 e 8 da Tabela 1 e Figura 1) é de 2.560 km.

Tabela 1. Localidades e substrato de origem de cada população de *Amblyseius tamatavensis* estabelecida de coletas realizadas no Brasil (maio de 2015 a maio de 2016).

Populações	Substrato
1.Olho d'Água das Flores (Alagoas)	<i>Ipoemapes-caprae</i> (Convolvulaceae)
2.Jataí (Goiás)	Plantas variadas
3.Nova Crixás (Goiás)	Plantas variadas
4.Bom Repouso (Minas Gerais)	Plantas variadas
5.Ituiutaba (Minas Gerais)	Plantas variadas
6.Senador Amaral (Minas Gerais)	Plantas variadas
7.Campinas (São Paulo)	<i>Psidium guajava</i> (Myrtaceae)
8.Cananéia (São Paulo)	<i>Persea americana</i> (Lauraceae)
9.Mogi Guaçu (São Paulo)	<i>Citrus</i> sp. (Rutaceae)
10.Piracicaba1, ESALQ (São Paulo)	<i>Gossypium</i> sp. (Malvaceae)
11.Piracicaba, Bairro Areão (São Paulo)	<i>Rosa</i> sp. (Rosaceae)
12.Saltinho (São Paulo)	<i>Cocos nucifera</i> (Arecaceae)
13.Santa Maria da Serra (São Paulo)	Plantas variadas
14. Laboratório	<i>Capsicum annuum</i> (Solanaceae)

Figura 1. Distribuição dos locais de coleta de populações de *Amblyseius tamatavensis* no Brasil (maio de 2015 a maio de 2016).



2.2.2. Caracterização morfológica

Para reconfirmar a identidade dos ácaros, 20 fêmeas de cada população foram montadas em lâminas usando meio de Hoyer, no início das observações biológicas, descritas na próxima seção. Segundo Tixier (2012), para uma precisão de 15%, seriam necessárias medições de 10 amostras de fitoseídeos. Foram feitas medidas dos seguintes parâmetros morfológicos de fêmeas adultas: comprimento do escudo dorsal, largura do escudo dorsal, comprimento do escudo ventrianal, largura anterior e posterior do escudo ventrianal, comprimento das setas idiossomais dorsais ($j_1, j_3, j_4, j_5, J_2, J_5, z_2, z_4, z_5, Z_1, Z_4, Z_5, s_4, S_2, S_4, S_5, r_3, R_1$, de acordo com Rowell et al., 1978); comprimento de setas idiossomais ventrais $St_1, St_2, St_3, St_4, St_5, Jv_1, Jv_2, Jv_4, Jv_5, Zv_1, Zv_2$ e Zv_3 (de acordo com Chant & Yoshida-Shaul, 1991); distâncias entre as bases de $St_1-St_3, St_2-St_2, ST_5-ST_5$; comprimento da macroseta da perna IV; e comprimento de cálice da espermateca. As avaliações e medições

foram feitas usando um microscópio de contraste de fase (Leika, DMLB) contendo uma ocular graduada. Como os dados satisfizeram as premissas de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Levene), foi realizada uma análise da variância (ANOVA) das médias de cada estrutura, comparando as médias de cada estrutura com o teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa R (R Development Core Team, 2013).

2.2.3. Caracterização molecular

Para os estudos demográficos, 10 ácaros de cada população descrita anteriormente mais uma população coletada no Perú (Junín, província de Satipo, no distrito de Pangoa), foram separados em álcool etílico 100% (logo após a coleta e identificação) e armazenados a temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. A extração foi realizada seguindo o protocolo de Gilbert et al. (2007) com algumas modificações. Para o início da extração, cada ácaro foi colocado em um eppendorf (2 mL) e mascerado completamente com o auxílio de um pistilo. Logo após a masceração, foram adicionados 600 μL do buffer de digestão (3 mM de CaCl_2 , 2% de dodecil sulfato de sódio (SDS), 40 mM de ditioneitol (DTT), 100 mM de Tris buffer pH 8 e 100 mM de NaCl), 12,5 μL de proteinase K (20 mg/L) e mantidos a 65°C por pelo menos 14 horas. Após esse período, foi adicionado 600 μL de fenol-cloroformio e o tubo foi rapidamente vortexado (até formação de uma espuma branca). O tubo foi colocado na centrífuga por cinco minutos a 14000 rpm e foi retirado o sobrenadante formado. No sobrenadante, foi adicionado acetato de sódio na proporção de 1:10 (acetato de sódio/quantidade de sobrenadante retirado) e 2,5 μL de glicogênio. Após calculada a quantidade de solução obtida, foi adicionado isopropanol, sendo o volume adicionado 70% do volume total da solução calculada no início. Os tubos foram agitados delicadamente e permaneceram a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 horas. Após esse período, os tubos foram colocados na centrífuga por 25 minutos a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. O sobrenadante foi descartado (mantendo-se o pelete) e adicionou-se 1 mL de álcool etílico 70% gelado. Novamente o sobrenadante foi descartado e adicionou-se 500 μL de álcool etílico 100% gelado. O sobrenadante foi descartado novamente e os tubos com o pelete foram deixados secando por uma hora. Após esse período o pelete foi eluído em 30 μL de H_2O autoclavada e o DNA resuspendido e acondicionado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posterior utilização.

Para a amplificação inicial de um fragmento do gene Citocromo c Oxdase Subunidade I (COI) foram utilizados os primers LCO1490 e HCO2198 (Folmer et al., 1994). A reação de

PCR teve um volume final de de 25 μ L: 10,7 μ L de H₂O; 2,5 μ L de Buffer PCR 10x; 2,5 μ L de Mg; 1,0 μ L de DNTP's; 2,0 μ L de Primer R; 2,0 μ L de Primer F; 0,3 μ L de Taq polimerase e 4,0 μ L do DNA extraído. A temperatura de anelamento foi de 53°C. Devido ao baixo sucesso de amplificação do gene COI, nós optados por desenhar um primer específico para otimizar a amplificação de um fragmento do gene COI. Os primers F e R (5'- TTT TTA TTT AGA TTA TGA GCT GGA A -3' e 5'- AGG GTG AAA ACA AAG GAA CC - 3') foram desenhados utilizando o website Primer3 (Rozen and Skaletsky, 2000).

A sequencias foram editadas e alinhadas utilizando o programa Sequencher e posteriormente comparadas com outras sequencias do gene COI utilizando a ferramenta BLASTn da plataforma NCBI (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

2.2.4. Testes de predação e oviposição

Essas avaliações foram realizadas em câmara de climatizada a 30 ± 1 ° C durante o dia e 23 ± 1 ° C à noite, $75 \pm 10\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas diárias. Quarenta fêmeas foram coletadas aleatoriamente de cada colônia e individualizadas em unidades experimentais. Cada unidade consistia de um frasco de acrílico (1,5 x 3,0 cm) com a base coberta por uma camada de uma mistura de gesso e carvão ativado (9v: 1v) (Abbatiello, 1965). Em cada unidade, foram adicionados 15 ovos de *B. tabaci* (até 24 h de idade), todos os quais (mortos ou não) trocados diariamente. As unidades experimentais foram mantidas umedecidas com adição diária de água destilada e vedadas com filme plástico (Magipac®) para evitar que os ácaros escapassem.

O estudo foi realizado durante 11 dias, fazendo-se diariamente a contagem do número de ovos de *B. tabaci* mortos e o número de ovos postos pelo predador em cada unidade. O primeiro dia de avaliação não foi considerado na análise, devido à possível interferência da alimentação prévia. Como os dados de oviposição e predação não satisfizeram os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Levene), o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi utilizado para verificar a diferença estatística entre os tratamentos ($P < 0,05$), utilizando o teste Dunn para separar os tratamentos.

Por fim, os dados foram submetidos à regressão linear e análise de correlação, para avaliar possíveis relações entre predação e oviposição, e entre o tamanho do ácaro (assumido

pelo comprimento do escudo dorsal) e cada um desses fatores. As correlações foram analisadas pelo teste de Pearson. Todas as análises foram realizadas usando o R Studio.

2.3. Resultados

2.3.1. Caracterização morfológica

Diferenças significativas entre as populações foram observadas para poucos parâmetros morfológicos (Tabela 2). As populações de Olhos d'Água das Flores e a população laboratorial de origem incerta apresentaram maiores dimensões dorsais e ventrianais, bem como maior distância entre *St4*. Ainda assim, as médias das diferentes populações eram muito semelhantes entre si dentro de cada um desses parâmetros.

Tabela 2. Comprimentos médios (em micrômetros \pm erro padrão da média) de estruturas taxonomicamente relevantes de populações de *Amblyseius tamatavensis* coletadas em diferentes municípios brasileiros entre maio 2015 e maio de 2016, e apresentados na descrição original da espécie (Blommers, 1974).

Parametros ¹	Olho d'Água das Flores	Jataí	Nova-Crixás	Bom Repouso	Ituiutaba	Senador Amaral	Campinas	Cananéia	Mogi-Guaçu	Piracicaba (Areão)	Piracicaba (ESALQ)	Saltinho	Santa Maria da Serra	Lab.	Original descrip.
CED	341±6 a	336±3 b	328±4 c	337±4 b	336±3 b	335 ± 7 b	333±3 b	338±5 b	337±5 b	333±2 c	336±4 b	324±6 c	325±2 c	342±5 a	340
LED	231±4 a	226±4 b	223±3 bc	226±2 b	227±4 b	225±3 b	219±2 c	220±1 c	224±1 b	226±3 b	226±3 b	224±3 b	226 ± b	233±2 a	250
<i>j1</i>	32±0 a	31±0 a	32±0 a	32±0 a	32±0 a	32±1 a	30±3 a	31±1 a	33±0 a	32±1 a	31±2 a	31±1 a	31 ± 0 a	32±0 a	32
<i>j3</i>	51±1 b	54±2 a	50±4 b	52±3 b	54±1 a	55±2 a	52±1 b	51±5 b	55±2 a	52±1 b	55±1 a	52±1 b	51 ± 1 b	55±1 a	54
<i>j4</i>	5±0 a	5±0 a	5±0 a	5±0 a	5±0 a	6±0 a	5±0 a	5±1 a	5±0 a	5±0 a	5±0 a	5±0 a	5 ± 0 a	5±0 a	4
<i>j5</i>	4±0 a	3±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	3±0 a	3±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	3
<i>J2</i>	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	5±0 a	5±0 a	6±0 a	5±1 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6 ± 0 a	6±0 a	5
<i>J5</i>	8±0 a	7±1 a	7±1 a	7±0 a	7±1 a	7±0 a	7±1 a	8±0 a	7±1 a	8±0 a	7±1 a	7±0 a	7 ± 1 a	7±1 a	6
<i>z2</i>	6±0 a	6±1 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±1 a	6±0 a	6±0 a	7±0 a	7±0 a	6±1 a	7 ± 0 a	6±0 a	6
<i>z4</i>	7±0 a	7±0 a	6±0 a	7±0 a	6±1 a	7±0 a	6±1 a	6±0 a	7±0 a	7±0 a	7±0 a	6±0 a	6 ± 0 a	7±0 a	6
<i>z5</i>	4±0 a	4±1 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	3±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	4±0 a	4 ± 0 a	4±0 a	3
<i>Z1</i>	6±0 a	6±1 a	7±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±1 a	6±0 a	6±0 a	7±0 a	6±0 a	7±0 a	6 ± 0 a	7±0 a	5
<i>Z4</i>	105±2 a	107±3 a	105±2 a	105±2 a	105±2 a	107±3 a	104±1 a	106±2 a	105±3 a	105±3 a	104±2 a	104±2 a	106 ± 1 a	106±1 a	115
<i>Z5</i>	229±2 a	226±5 a	225±2 a	227±2 a	228±3 a	227±4 a	225±3 a	228±4 a	228±3 a	228±1 a	228±2 a	229±2 a	227±1 a	229±2 a	250
<i>s4</i>	86±3 a	88±2 a	87±3 a	87±3 a	88±2 a	89±2 a	86±2 a	86±2 a	89±3 a	88±2 a	88±3 a	86±2 a	88±1 a	87±3 a	88
<i>S2</i>	7±0 a	6±1 a	7±0 a	6±0 a	7±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	7±0 a	7±0 a	6 ± 0 a	6±0 a	5
<i>S4</i>	6±1 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	7±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6 ± 0 a	6±0 a	6
<i>S5</i>	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6±0 a	6 ± 0 a	6±0 a	6
<i>r3</i>	14±1 a	15±1 a	13±1 a	14±1 a	14±1 a	14±1 a	13±2 a	14±1 a	15±1 a	15±1 a	15±1 a	14±1 a	14 ± 0 a	15±1 a	15
<i>R1</i>	7±0 a	7±1 a	7±0 a	7±0 a	7±0 a	7±0 a	7±0 a	7±1 a	7±1 a	7±1 a	7±0 a	7±0 a	7 ± 0 a	7±1 a	5

CEVA	117±2 a	110±4 b	110±5 b	114±1 ab	110±2 b	108±4 b	111±3 b	112±3 b	113±2 b	113±2 b	108±3 b	109±3 b	111 ± 1 b	119±3 a	120
LAEV	99±3 a	97±4 a	94±3 b	95±3 b	95±2 b	93±2 b	91±4 b	98±4 a	97±3 a	95±2 b	97±2 a	91±3 b	92 ± 1 b	100±4 a	100
LPEV	62±3 a	60±2 a	64±3 a	63±2 a	62±2 a	63±2 a	62±1 a	63±2 a	64±3 a	63±2 a	64±2 a	62±3 a	62± 2 a	62±4 a	-
<i>St1-St2</i>	32±0 a	32±0 a	32±1 a	33±1 a	33±0 a	32±0 a	32±1 a	32±0 a	34±0 a	32±1 a	32±1 a	32±1 a	33 ± 0 a	33±0 a	-
<i>St2-St2</i>	68±2 a	69±0 a	68±2 a	68±1 a	68±0 a	68±1 a	67±1 a	69±1 a	69±1 a	67±1 a	68±0 a	68±0 a	68 ± 1 a	70±0 a	-
<i>St3-St3</i>	76±2 a	77±2 a	76±2 a	78±3 a	76±2 a	78±1 a	75±1 a	77±2 a	77±2 a	76±2 a	76±2 a	76±1 a	77 ± 1 a	78±2 a	-
<i>St1-St3</i>	59±1 a	60±2 a	61±1 a	60±1 a	60±1 a	60±1 a	59±1 a	60±1 a	61±1 a	60±1 a	59±1 a	59±1 a	61 ± 0 a	62±1 a	-
<i>St2-St3</i>	27±1 a	27±1 a	28±1 a	27±1 a	28±1 a	28±0 a	27±1 a	28±1 a	28±1 a	28±1 a	28±1 a	27±0 a	28 ± 0 a	29±1 a	-
<i>St4-St4</i>	94±3 a	86±2 b	81±3 c	86±2 b	84±1 b	88±8 ab	81±3 c	84±2 b	84±3 b	86±3 b	86±2 b	81±3 c	85 ± 1 b	92±3 a	-
<i>St5-St5</i>	74±2 a	74±1 a	74±2 a	75±1 a	74±2 a	74±2 a	73±1 a	75±1 a	76±2 a	76±2 a	74±1 a	74±2 a	75 ± 2 a	76±2 a	-
<i>Jv1</i>	15±1 a	16±0 a	16±1 a	17±1 a	16±1 a	17±1 a	16±1 a	15±1 a	17±1 a	16±1 a	17±0 a	16±1 a	17 ± 0 a	17±1 a	-
<i>Jv2</i>	15±1 a	16±1 a	15±1 a	15±1 a	15±0 a	15±1 a	16±0 a	15±1 a	15±2 a	15±1 a	15±0 a	15±0 a	15 ± 0 a	16±1 a	-
<i>Jv4</i>	8±0 a	7±0 a	7±1 a	8±0 a	8±0 a	8±0 a	8±0 a	8±1 a	8±1 a	8±0 a	8±0 a	8±0 a	8 ± 0 a	7±0 a	-
<i>Jv5</i>	78±3	73±2	77±4	78±3	79±3	81±4	74±1	80±3	83±4	81±3	82±2	80±3	81 ± 2 a	82±3	84
<i>Zv1</i>	14±1 a	16±0 a	14±1 a	14±1 a	15±0 a	15±0 a	14±1 a	14±1 a	14±1 a	14±1 a	15±0 a	15±1 a	15 ± 0 a	14±0 a	-
<i>Zv2</i>	12±1 a	12±0 a	12±1 a	12±1 a	12±1 a	12±1 a	11±1 a	12±1 a	12±0 a	12±0 a	13±0 a	12±1 a	12 ± 0 a	13±1 a	-
<i>Zv3</i>	9±0 a	9±1 a	9±0 a	9±0 a	9±0 a	9±0 a	9±0 a	9±1 a	9±1 a	9±0 a	10±1 a	9±0 a	9 ± 0 a	10±0 a	-
<i>SgeIV</i>	98±2 a	97±3 a	97±3 a	98±3 a	97±2 a	99±2 a	98±2 a	100±2 a	100±4 a	100±1 a	98±2 a	98±3 a	99 ± 2 a	100±3 a	120
<i>StiIV</i>	66±4 a	65±3 a	66±2 a	66±3 a	67±4 a	64±2 a	65±1 a	66±4 a	65±4 a	64±3 a	66±3 a	64±3 a	65 ± 2 a	64±4 a	75
<i>StIV</i>	61±4 a	63±2 a	62±3 a	63±1 a	64±2 a	63±2 a	62±3 a	62±2 a	64±1 a	64±3 a	64±2 a	62±2 a	63 ± 0 a	65±2 a	73
Cálice	20±1 a	19±1 a	19±1 a	20±1 a	19±1 a	18±2 a	19±1 a	20±1 a	19±1 a	19±1 a	19±0 a	20±1 a	19±1 a	21±1 a	16

¹ CED: comprimento do escudo dorsal ao longo da linha média; LED: largura do escudo dorsal no nível mais amplo da região podonotal; CEVA: comprimento do escudo ventrianal ao longo da linha média; LAEV e LPEV: largura anterior (no nível de *Zv2*) e posterior (no nível da abertura anal) do escudo ventrianal; *SgeIV*, *StiIV* e *StIV*: comprimentos de macroseta do genu, tibia e tarso da perna IV; cálice: comprimento do cálice da espermateca.

Para cada parâmetro, as médias seguidas pelas mesmas letras não são estatisticamente diferentes (teste de Tukey; $p > 0,05$); (-) Não dado.

2.3.2. Caracterização molecular

Neste trabalho foi realizado o primeiro sequenciamento do gene COI para a espécie *A. tamatavensis* (Figura 2). Com o sequenciamento inicial do primeiro terço do gene COI, produzimos com sucesso um Barcode universal para esta espécie. No entanto, devido ao baixo sucesso de amplificação de amostras sucessivas, optamos por desenhar um primer interno que gera uma sequência de 473pb para o estudo de diversidade. As sequências oriundas do fragmento 473pb do gene COI não apresentaram polimorfismos entre os indivíduos e populações avaliadas, evidenciando assim a presença de um único haplótipo nas populações de *A. tamatavensis* oriundas de diferentes regiões da América do Sul.

O fragmento do gene COI sequenciado de *A. tamatavensis* apresentou 83% de homologia com outras espécies da família Phytoseiidae de acordo com a ferramenta BLASTn da plataforma NCBI (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

```
ATTATGAGCTGGAATAGTGGGGACTTCTTTAAGATTTTTAG
TTCGTATTGAGTTAAGACAGCCTGGGGTTTTTTTAAAGGAT
GATCAGGCTTATAATGTTATTGTTACGTCACATGCTTTTAT
TATAATTTTTTTTATGGTAATACCGGCTATAATTGGAGGGT
TTGGTAATTGATTAGTTCCTATTATGTTGAATTCTCCTGAT
ATGGCTTTTCCTCGTATAAATAATATAAGATTTTGATTATT
GCCTCCTTCTTTGCTTTTATTAATATTTTCTTGTTTTATTG
AAGGGGGTGCAGGTACAGGTTGAACTGTTTATCCCCCTTTG
TCAGTAAGTTTATTTTCATAGAGGGTCTTCTGTGGATTTAGT
TATTTTTAGCCTTCATTTGGCAGGCATTTCTTCTATTTTAG
GGGCAATTAATTTTATTAGA
```

Figura 2. Primeiro sequenciamento do gene COI para a espécie *Amblyseius tamatavensis*

2.3.3. Testes de predação e oviposição

Diferenças significativas entre as populações foram observadas tanto para a predação média diária quanto para a oviposição média diária (Tabela 3). A predação diária foi maior

para a população de Olho d'Água das Flores (7,9 ovos / fêmea), seguida pela população de laboratório (7,0 ovos / fêmea). A oviposição diária da população de Olho d'Água das Flores (1,2 ovo / fêmea) foi maior que a das demais populações, com exceção da população de laboratório (1,1 ovo / fêmea), cuja média não foi significativamente diferente da de Olho d'Água das Flores.

Uma correlação significativa e positiva foi observada entre as taxas de oviposição e predação ($y = 0,18x - 0,23$, onde y = número de ovos de *A. tamatavensis* produzidos diariamente, x = número de ovos de *B. tabaci* consumido diariamente pelo predador, $p = 0,0004$, $R^2 = 0,663$). Não houve correlações significativas entre o comprimento do escudo dorsal e as taxas de predação ou de oviposição. Apesar disso, as populações com maiores taxas de predação e de oviposição (Tabela 3) foram as mesmas que apresentaram maior comprimento de escudo dorsal (Tabela 2).

Tabela 3. Médias diárias (\pm erro padrão da média) de ovos de *Bemisia tabaci* predados e de ovos postos pela fêmea adulta de populações de *Amblyseius tamatavensis* de diferentes municípios brasileiros.

Local de coleta	Predação	Oviposição
Olho d'água das Flores	7.9 \pm 0.7 a	1.2 \pm 0.2 a
Laboratório	7.0 \pm 0.4 b	1.1 \pm 0.3 ab
Jataí	6.5 \pm 0.4 c	0.8 \pm 0.1 c
Saltinho	6.5 \pm 0.3 c	1.0 \pm 0.1 b
Mogi-Guaçu	6.5 \pm 0.3 c	0.8 \pm 0.0 c
Piracicaba - Fazenda Areão	6.5 \pm 0.2 c	1.0 \pm 0.2 b
Senador Amaral	6.5 \pm 0.1 c	0.9 \pm 0.3 bc
Bom Repouso	6.3 \pm 0.3 cd	0.9 \pm 0.2 bc
Ituiutaba	6.3 \pm 0.2 cd	0.8 \pm 0.1 c
Campinas	6.3 \pm 0.2 cd	1.0 \pm 0.1 b
Cananéia	6.3 \pm 0.1 cd	0.9 \pm 0.2 bc
Santa Maria da Serra	6.1 \pm 0.4 d	0.8 \pm 0.1 c
Piracicaba - ESALQ	6.0 \pm 0.5 d	0.9 \pm 0.1 bc
Nova Crixás	5.0 \pm 0.3 e	0.7 \pm 0.2 c

Para cada coluna, médias seguidas de mesma letra não são estatisticamente diferentes (Kruskal-Wallis ANOVA; teste Dunn).

2.4. Discussão

Apesar das pequenas diferenças morfológicas entre as populações, concluiu-se que estas pertenciam à mesma espécie. A compatibilidade dessas medidas com as medidas

apresentadas na descrição original (Blommers, 1974) de *A. tamatavensis* levou à conclusão de que as populações coletadas pertencem a esta espécie. Diferenças significativas no tamanho de certas estruturas têm sido relatadas na literatura para populações distintas de fitoseídeos da mesma espécie (Sourassou et al., 2011; Lopes et al., 2018; Tixier et al., 2003). Em um estudo de laboratório de curta duração, Lopes et al. (2018) observaram diferenças morfológicas marcantes para colônias do fitoseídeo *Euseius concordis* (Chant) mantidas sob diferentes condições de dieta ou temperatura. Esses diferentes efeitos poderiam explicar o maior tamanho observado para a população de *A. tamatavensis* da Olho d'Água das Flores, sendo esta a população mais isolada dentre as avaliadas neste estudo. Eles também poderiam explicar as diferenças entre as medidas dadas na descrição original e a das populações brasileiras, em relação a algumas setas. As diferenças aqui observadas são compatíveis com a variação intraespecífica esperada de uma estrutura contínua, sugerida por Tixier (2012) para ser cerca de 20% em torno da média dos fitoseídeos.

Em relação aos resultados obtidos pela análise de diversidade do gene COI, era esperado que fosse encontrado polimorfismo entre as populações coletadas devido a amplitude geográfica entre as populações, entretando apenas um haplotipo foi observado para as populações estudadas. A região do COI é amplamente utilizada em trabalhos de filogeografia para animais e era de se esperar que mostrasse polimorfismo entre populações de uma espécie nativa como *A. tamatavensis*. Entretanto, em trabalho realizado por Carvalho et al. (2018), resultado semelhante foi obtido para um praga do tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick), onde a análise diversidade do gene COI e ITS de populações coletadas no Brasil não apresentou polimorfismo, resultando apenas um haplótipo entre os 100 indivíduos testados de 10 diferentes populações de *T. absoluta* coletadas em diferentes regiões brasileiras.

A análise molecular de *A. tamatavensis* também confirmou que todas populações realmente pertenciam a mesma espécie e comparações realizadas com sequencias depositadas no NCBI mostraram semelhança (83%) com diferentes espécies da família Phytoseiidae, como *Amblyseius orientalis* (Ehara), evidenciando assim que o primer aqui desenhado poderá ser uma alternativa para a amplificação de outros fitoseídeos.

Os valores obtidos no presente estudo para predação e oviposição são semelhantes aos relatados por Cavalcante et al. (2015), em um estudo realizado com *A. tamatavensis* sob

aproximadamente as mesmas condições ambientais. Naquele estudo, o consumo médio foi de 8,0 ovos e a oviposição de 1,4 ovos por dia.

A relação significativa entre predação e oviposição parece lógica. Seria esperado que, dentro de uma mesma espécie de artrópode, indivíduos que se alimentassem mais também pudessem ser mais prolíficos. Também poderia ser esperado que os ácaros maiores pudessem atacar mais e provavelmente ovipositarem mais (Sabelis, 1981). Em uma análise preliminar, a ausência de correlação significativa entre tamanho e taxa de predação, ou entre tamanho e taxa de oviposição (como observado no presente estudo) poderia contradizer essa suposição. No entanto, vale ressaltar que as únicas populações que se destacaram em relação ao tamanho (conforme indicado pelas dimensões dos escudos dorsal e ventrianal) no estudo foram Olho d'Água das Flores e da população de laboratório, e estas foram a que tiveram as maiores taxas de predação e oviposição; as outras populações não diferiram estatisticamente entre si em relação ao tamanho. No entanto, a diferença de tamanho entre essas duas e outras populações era pequena, e o tamanho pode não ter sido o verdadeiro determinante de taxas mais altas de predação ou de oviposição. Mas se fosse esse o caso, seria de esperar que a população da descrição original da espécie (de Madagascar, com escudo dorsal de 340 μ de comprimento) ou espécimes de África (com escudo dorsal em média 354 μ de comprimento; Zannou et al., 2007) poderia ter desempenho semelhante ou melhor que as melhores populações brasileiras. Com base nas medições dadas nas redescrições disponíveis desta espécie (Demite et al., 2018), as populações de outros países não são distintamente maiores do que as populações coletadas neste estudo.

Independentemente da causa das maiores taxas de predação ou de oviposição, em um processo de busca pelo genótipo mais promissor de *A. tamatavensis* para o controle de *B. tabaci*, parece que a prioridade deve ser dada as populações de Olho d'Água das Flores ou de laboratório. Parece que cada um deles poderia ter variabilidade genética suficiente para dar a chance de selecionar uma nova e melhorada população, isto é, com maior potencial de predação ou oviposição em *B. tabaci*. Melhoria genética implica a mudança das características genéticas das espécies por seres humanos para atender às suas necessidades (Hoy, 1985). Assim, esse processo poderia envolver mudanças genéticas direcionadas e intencionais para melhorar a eficácia dos inimigos naturais no controle de pragas (Hoy, 1990), já que a manipulação genética pode acelerar eventos que raramente ocorrem no campo, produzindo resultados que dificilmente ocorreriam naturalmente.

Os processos de seleção feitos por humanos ao longo do tempo permitiram que a produção de variedades de plantas e raças de animais fosse muito mais adequada para atender às necessidades de consumo (Garland e Rose, 2009). Estudos desse tipo têm sido pouco explorados pelos pesquisadores no uso de ácaros predadores (Lommen et al. 2017), e os resultados deste estudo indicam o grande potencial de aplicação a esses organismos de processos de seleção semelhantes adotados há muitos anos para plantas e animais.

REFERÊNCIAS

- ABBATIELLO, M.J. A culture chamber for rearing soil mites. **Turttox news**, Chicago, v. 7, p. 162-164, 1965.
- BLOMMERS L. Species of the genus *Amblyseius* Berlese, 1914, from Tamatave, east Madagascar (Acarina: Phytoseiidae). **Bulletin Zoologisch Museum Universiteit**, Amsterdam, v. 3, p. 143–155, 1974.
- 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**, Stanford, v. 40, p. 511–534, 1995.
- DE BARRO, P.J.; LIU, S.S.; BOYKIN, L.M.; DINSDALE, A.B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 56, p. 1-19, 2011.
- CALVO, F.J.; KNAPP, M.; VAN HOUTEN, Y.M.; HOOGERBRUGGE, H.; BELDA, J. E. *Amblyseius swirskii*: What made this predatory mite such a successful biocontrol agent? **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 65, p. 419-433, 2015.
- CARVALHO, G. A.; CORREA, A. S.; OLIVERIA, L.O.; CHEDIK, M.; SIQUEIRA, H. A. A.; GUEDES, R. N. C. *Wolbachia* strains, and lack of genetic diversity and parthenogenesis in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 142, p. 905-910, 2018.
- 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**, Lanham, v. 108, p. 29-33, 2015.
- 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**, Oak Park, v. 43, p. 10-15, 2017.

- CHANT, D. A.; YOSHIDA-SHAUL, E. Adult ventral setal patterns in the family Phytoseiidae (Acari: Gamasina). **International Journal of Acarology**, Oak Park, v. 17, p. 187-199, 1991.
- DEMITE, P.R.; MORAES, G.J. de; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CASTILHO, R.C. **Phytoseiidae Database**. Disponível em: <<http://www.lea.usp.br/phytoseiidae/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- DOMINGOS, C.A.; OLIVEIRA, L.O.; MORAIS, E.G.F.; NAVIA, D.; MORAES, G. J.; GONDIM, JR. M.G.C. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.60, p. 83-93, 2013.
- FERRERO, M.; GIGOT, C.; TIXIER, M.S.; VAN HOUTEN, Y.M.; KREITER, S. Egg hatching response to a range of air humidities for six species of predatory mites. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 135 (3), p. 237-244, 2010.
- FIELD, R.P.; HOY, M.A. Diapause behavior of genetically improved strains of the spider mite predator *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 38, p. 113-120, 1985.
- FOLMER, O.; BLACK, M.; HOEH, W.; LUTZ, R.; VRIJENHOEK, R. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. **Molecular Marine Biology and Biotechnology**, v.3, p. 294-299, 1994.
- FURTADO, I.P.; MORAES, G.J.; KREITER, S.; TIXIER, M.-S.; KNAPP, M. Potential of a brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Biological Control**, Orlando 42: 139-147, 2007.
- GARLAND, T.; ROSE, M.R. **Experimental Evolution: Concepts, Methods, and Applications of Selection Experiments**. University of California Press, Berkeley, California, 2009.

- GILBERT, M.T.P.; MOORE, W.; MELCHIOR, L.; WOROBEY, M. DNA Museum Beetles without conferring external morphological damage. **Plos one**, v. 2, p. 3. 2007.
- GÓMEZ-MOYA, C.A.; GONDIM JR., M.G.C.; MORAES, G.J. DE; MORAIS, E.G.F. DE. Effect of relative humidity on the biology of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, Oak Park, 2018. DOI: [10.1080/01647954.2018.1530300](https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1530300)
- HARDMAN J.M., MOREAU D.L., SNYDER M., GAUL S.O., BENT E.D. Performance of a pyrethroid-resistant strain of the predator mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) under different insecticide regimes. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, p. 590-604, 2000.
- HOGENHOUT, S.A.; AMMAR, E.D.; WHITFIELD, A.E.; REDINBAUGH, M.G. Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. **Annual Review of Phytopathology**. Palo Alto, v. 46, p. 327-359, 2008.
- HOPPER, K.R.; ROUSH, R.T.; POWELL, W. Management of genetics of biological-control introductions. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 38, p. 27-51, 1993.
- HOY, M.A. Genetic improvement of insects: fact or fantasy. **Environmental Entomology**, College Park, v. 5, p. 833-839, 1976.
- HOY, M.A. Genetic improvement of a biological control agent: Multiple pesticide resistances and non-diapause in *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Phytoseiidae). In: D.A. Griffiths (ed.), **Acarology**, Paris, 2: 673-679, 1984.
- HOY, M.A. Recent advances in genetics and genetic improvement of the Phytoseiidae. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 30, p. 345–370, 1985.
- HOY, M.A. Genetic improvement of arthropod natural enemies: becoming a conventional tactic? **New Directions in Biological Control: Alternatives for Suppressing Agricultural Pests and Diseases**, New York, 405 pp., 1990.

- LOPES, P.C.; KANNO, R.H.; SOURASSOU, N.F.; MORAES, G.J. Effect of temperature and diet on the morphology of *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 23, p. 1322-1332, 2018.
- LOMMEN, S. T. E.; JONG, P. W.; PANNEBAKKER, B. A. It is time to bridge the gap between exploring and exploiting: prospects for utilizing intraspecific genetic variation to optimize arthropods for augmentative pest control – a review. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 162, p. 108-123, 2017.
- LOURENÇÃO, A.L.; SAKATE, R.K.; VALLE, G.E. *Bemisia tabaci* biótipo B. In: Vilella, E.; Zucchi, R.A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, 2015.
- LOZIER, J.D.; RODERICK, G.K.; MILLS, N.J. Evolutionarily significant units in natural enemies: identifying regional populations of *Aphidius transcaspicus* (Hymenoptera: Braconidae) for use in biological control of mealy plum aphid. **Biological Control**, Orlando, v. 46, p. 532–541, 2008.
- MASSARO M., MARTIN J.AP.I., MORAES G.J., Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 8, p. 297-320, 201370: 411, 2016.
- MASSARO, M.; MONTRAZI, M.; MELO, J.W.S.; MORAES, G.J. Production of *Amblyseius tamatavensis* with *Thyreophagus crasentiseta* (Acari: Phytoseiidae, Acaridae). **International Journal of Pest Management**, London, (no prelo), 2019.
- MCMURTRY, J.A.; SCRIVEN, G.T. Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 58, p. 282–284, 1965.
- MCMURTRY, J.A.; MORAES, G.J.; SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyle of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 8, p. 297-320, 2013.

- MOREWOOD, W.D.; GILKESON, L.A. Diapause induction in the thrips predator *Amblyseius cucumeris* (Acarina: Phytoseiidae) under greenhouse conditions. **Entomophaga**, Paris, v. 36, p. 253-263, 1991.
- NACHAPPA, P.; MARGOLIES, D.C.; NECHOLS, J.R.; MORGAN, T.J. Response of a complex foraging phenotype to artificial selection on its component traits. **Evolutionary Ecology**, v. 24, p. 631– 655, 2010.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna. 2013. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
- ROZEN, S.; SKALETSKY, H. Primer3 on the WWW for general users and for biologist programmers. In: Krawetz, S. and Misener, S. (eds.), **Bioinformatics Methods and Protocols**. Humana Press, Totowa, NJ, pp. 365–386, 2000.
- ROWELL, H.J.; CHANT, D.A.; HANSELL, R.I.C. The determination of setal homologies and setal patterns on the dorsal shield on the family Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). **The Canadian Entomologist**, Ottawa, v.110, p. 859-876, 1978.
- SABELIS M.W. **Biological control of two spotted spider mites using phytoseiid predators. Part I: Modelling the predator-prey interaction at the individual level**. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 1981.
- SALMAN, S.Y.; AYDINLI, F.; AY, R. Selection for resistance: Cross-resistance, inheritance, synergists and biochemical mechanisms of resistance to acequinocyl in *Phytoseiulus persimilis* A.H. (Acari: Phytoseiidae). **Crop Protection**, Guilford, v. 67, p. 109-115, 2015.
- SATO, M.E.; MIYATA, T.; KAWAI, A.; NAKANO, O. Selection for resistance and susceptibility to methidathion and cross resistance in *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 53, p. 393-399, 2000.

- SOURASSOU, N. F.; HANNA, R.; ZANNOU, I.; DE MORAES, G.J.; NEGLOH, K.; SABELIS, M.W. Morphological variation and reproductive incompatibility of three coconut-mite-associated populations of predatory mites identified as *Neoseiulus paspalivorus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 53, p. 323-338, 2011.
- TIXIER, M.-S.; KREITER, S.; CHEVAL, B.; AUGER, P. Morphometric variation between populations of *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae): implication for the taxonomy of the genus. **Invertebrate Systematics**, 17(2), 349–358, 2003.
- TIXIER, M.-S. Statistical approaches to assess intraspecific variations of morphological continuous characters: the case study of the family Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). **Cladistics**, v. 28, p. 489–502, 2012.
- THISTLEWOOD, H.M.A.; PREE, D.J.; CRAWFORD, L.A. Selection and genetic analysis of permethrin resistance in *Amblyseius fallacis* (Garman) (Acari: Phytoseiidae) from Ontario apple orchards. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 19, p. 707-721, 1995.
- VAN HOUTEN, Y.M.; VAN RIJN, P.C.J.; TANIGOSHI, L.K.; VAN STRATUM, P.; BRUIN, J. Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 74, p. 225–234, 1995a.
- VAN HOUTEN, Y.M.; VAN STRATUM, P.; BRUIN, J.; VEERMAN, A. Selection for non-diapause in *Amblyseius cucumeris* and *Amblyseius barkeri* and exploration of the effectiveness of selected strains for thrips control. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 77, p. 289-295, 1995b.
- VOROSHILOV, H.V. Heat-resistant lines of the mite *Phytoseiulus persimilis* A-H. **Genetika**, v. 15, p. 70-76, 1979.

- WAJNBERG, E. Quality control of mass-reared arthropods: a genetical and statistical approach. **Proceedings of the 5th Workshop of the IOBC Working Group Quality Control of Mass-Reared Arthropods** (ed. by F Bigler), p. 15–25. Wageningen, The Netherlands, 1991.
- WAJNBERG, E. Genetics of the behavioral ecology of egg parasitoids. **Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma** (ed. by FL Consóli, JRP Parra & RA Zucchi). Springer Dordrecht, p. 149–165, 2010.
- WAJNBERG, E.; CURTY, C.; JERVIS, M. Intra-population genetic variation in the temporal pattern of egg maturation in a parasitoid wasp. **Plos One**, v. 7, p. 9-13, 2012.
- WALZER, A.; CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S.; LIGUORI, M.; PALEVSKY, E.; SCHAUSBERGER, P. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: survival, development and reproduction. **Biological Control**, Orlando, v. 41, p. 42–52, 2007.
- ZANNOU, I.D.; MORAES, G.J. DE; UECKERMANN, E.A.; OLIVEIRA, A.R.; YANINEK, J.S.; HANNA, R. Phytoseiid mites of the subtribe Amblyseiina (Acari: Phytoseiidae: Amblyseiini) from sub-Saharan Africa. **Zootaxa**, Auckland, v. 1550, p. 1–47, 2007.

3. SELEÇÃO ARTIFICIAL DE *AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) PARA O CONTROLE DA MOSCA-BRANCA *BEMISIA TABACI* BIÓTIPO B (INSECTA: ALEYRODIDAE)

RESUMO

A utilização do processo de melhoramento genético pode possibilitar a alteração de características genéticas para melhorar a eficácia de inimigos naturais, como o ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers. Resultados anteriores mostraram que a população coletada em Olho d'Água das Flores (Alagoas) apresentou os melhores resultados para as características avaliadas (predação e oviposição) e uma variabilidade entre os indivíduos da população que possibilitaria um processo de seleção. Por isso, o objetivo deste trabalho foi selecionar em laboratório uma linhagem de *A. tamatavensis* com maior potencial de predação e oviposição, sendo assim mais favorável para uso prático no controle de *B. tabaci*. Para o início dos testes de seleção, 200 fêmeas jovens de *A. tamatavensis* foram tomadas aleatoriamente da colônia de criação e individualizadas em unidades experimentais, cada uma contendo 15 ovos de *B. tabaci*. O número de ovos consumidos diariamente por predador foi avaliado durante cinco dias, sendo estes repostos diariamente. Ao final do quinto dia de avaliação, calculou-se a taxa de predação de cada fêmea. Esse parâmetro foi utilizado para selecionar os indivíduos com maior nível de predação, que foram mantidos no processo de seleção. A intensidade da seleção foi de 10%. Assim, a progênie das 20 fêmeas que apresentaram melhor desempenho foi mantida no ensaio para a formação da nova população. Em seguida, as progênies das 20 fêmeas selecionadas foram utilizadas para compor uma única população. Todo o processo experimental foi repetido seis vezes. Ao fim do processo de seleção para predação, a população resultante foi utilizada para iniciar um processo de seleção para a característica oviposição, seguindo a mesma metodologia anteriormente citada. Também foram construídas três tabelas de vida de fertilidade: da população original (coletada em Olho d'Água das Flores), da população selecionada para a característica predação e da população selecionada para predação e oviposição, a fim de verificar um possível custo adaptativo. Na seleção para predação, após seis gerações, para média das 200 fêmeas, foi observado um ganho genético de 1,1 ovos/fêmea/dia (aproximadamente 15% de aumento em relação à população) demonstrando resultado promissor para o melhoramento. Entretanto, ganho genético foi praticamente nulo quando a população selecionada para predação foi submetida ao processo de seleção para oviposição, e também foi observado um baixo diferencial de seleção, mostrando um baixo potencial para a seleção das melhores fêmeas. O processo de melhoramento realizado neste capítulo com indivíduos de *A. tamatavensis* deu origem a uma população que apresentou taxas de predação maiores que a população original e outras coletadas em campo, quando comparadas em laboratório. Em função dos resultados promissores em relação ao aumento da eficiência da população de *A. tamatavensis* no controle de *B. tabaci* e das tabelas de vida de fertilidade não mostrarem

custos adaptativos importantes, testes em campo devem ser realizados para avaliar a real eficiência desta linhagem.

Palavras chave: Ácaro predador; Melhoramento genético; Controle biológico

Abstract

The use of the genetic improvement process may allow the alteration of genetic characteristics to improve the efficacy of natural enemies, such as the predatory mite *Amblyseius tamatavensis*. Previous results have shown that the population collected in Olho d'Água das Flores (Alagoas) presented the best results for the evaluated characteristics (predation and oviposition) and a variability among individuals of the population that would make possible a selection process. Therefore, the objective of this study was to select in the laboratory a strain of *A. tamatavensis* with greater potential for predation and oviposition, thus being more favorable for practical use in the control of *B. tabaci*. For the beginning of the selection tests, 200 young females of *A. tamatavensis* were randomly taken from the colony and individualized in experimental units, each containing 15 eggs of *B. tabaci*. The number of eggs consumed daily per predator was evaluated for five days, and these were replenished daily. At the end of the fifth day of evaluation, the predation rate of each female was calculated. This parameter was used to select the individuals with the highest level of predation, which were kept in the selection process. The intensity of the selection was 10%. Thus, the progeny of the 20 females that presented the best performance was maintained in the test for the formation of the new population. Then, the progenies of the 20 selected females were used to compose a single population. The entire experimental process was repeated six times. At the end of the selection process for predation, the resulting population was used to initiate a selection process for the oviposition characteristic, following the same methodology previously mentioned. Three fertility life tables were also constructed: from the original population (collected in Olho d'Água das Flores), from the population selected for the characteristic predation and from the population selected for predation and oviposition, in order to verify a possible adaptive cost. In the selection for predation, after six generations, a genetic gain of 1.1 eggs / female / day (approximately 15% increase in relation to the population) was observed, showing a promising result for the breeding. However, genetic gain was practically null when the population selected for predation was submitted to the selection process for oviposition, and a low selection differential was also observed, showing a low potential for the selection of the best females. The improvement process carried out in this chapter with individuals of *A. tamatavensis* originated a population that presented predation rates higher than the original population and others collected in the field when compared in the laboratory. And although promising results in increasing the efficiency of the *A. tamatavensis* population in the control of *B. tabaci* and the fertility life tables do not show important adaptive costs, field trials should be performed to evaluate the actual efficiency of this lineage.

Keywords: Predatory mite; Genetic improvement; Biological control

3.1. Introdução

Bemisia tabaci Gennadius é uma praga de grande importância econômica para diversas culturas (Brown et al., 1995; de Barro et al., 2011; Lourenção et al., 2015). Seu controle é realizado principalmente com a utilização de inseticidas, entretanto, inúmeros casos de resistência (Silva, 2009), tem levado os produtores a buscarem métodos alternativos de controle.

A busca por uma produção agrícola mais sustentável tem conduzido à utilização de métodos menos agressivos de controle de pragas, incluindo o desenvolvimento do controle biológico. Dentre os principais agentes de controle biológico utilizados, podemos citar os ácaros predadores. *Amblyseius tamatavensis* Blommers é um ácaro predador da família Phytoseiidae amplamente distribuído no Brasil e no mundo (Demite *et al.*, 2018). De acordo com Cavalcante et al. (2017), este predador apresentou resultados promissores em relação ao possível controle de *B. tabaci* em plantas de pimentão infestadas por essa praga. Além disso, *A. tamatavensis* pode ser facilmente criado de forma massal em condições de laboratório (Massaro et al., 2019).

Uma forma de aumentar a eficiência de inimigos naturais como *A. tamatavensis* seria com a utilização do processo de melhoramento genético. Esse processo pode possibilitar a alteração de características genéticas de forma dirigida e proposital para melhorar a eficácia de inimigos naturais para o controle biológico de pragas de espécies de acordo com as necessidades humanas (Hoy, 1990), acelerando eventos que ocorreriam raramente no campo e produzindo resultados que dificilmente ocorreriam naturalmente.

O fenótipo (ou a característica observada no organismo) de um indivíduo é o produto da interação do genótipo com o meio ambiente, sendo assim, o aperfeiçoamento de determinada característica pode envolver uma modificação do ambiente e do genótipo do indivíduo (Giannoni e Giannoni, 1986). No caso do melhoramento genético, leva-se em conta o aprimoramento do genótipo do indivíduo. Por isso, a existência de variação intraespecífica em inimigos naturais para características importantes no controle biológico (Hopper et al., 1993; Lozier et al., 2008; Nachappa et al., 2010; Tabone et al., 2010; Wajnberg, 2010; Wajnberg et al., 2012) poderia permitir o início de um programa de seleção visando melhorar a eficácia dos animais liberados para controlar a pragas alvo (Hoy, 1976; Wajnberg, 1991).

Trabalhos sobre o melhoramento genético de inimigos naturais para o controle biológico de pragas têm envolvido principalmente a seleção artificial destes organismos para a resistência a pesticidas, a ausência de diapausa, e maior tolerância a temperaturas extremas, e a hibridização de diferentes linhagens para conseguir vigor híbrido (Hoy, 1990, 1993; Stouthamer et al., 1992; Whitten e Hoy, 1999). Entretanto não se tem trabalhos relacionados à utilização de características como predação e oviposição em processos de melhoramento genético para o aumento da eficiência de ácaros predadores no controle de pragas.

No capítulo anterior foram avaliadas as taxas de oviposição e predação de várias populações de *A. tamatavensis* coletadas pelo Brasil. Os resultados mostraram que a população coletada em Olho d'Água das Flores (Alagoas) apresentou os melhores resultados para as características avaliadas e uma variabilidade entre os indivíduos da população que possibilitaria um processo de seleção. Surgiu então a hipótese de que a partir desta população seria possível selecionar em laboratório uma linhagem com maior potencial de predação e oviposição, sendo assim mais favorável para uso prático no controle de *B. tabaci*. As taxas de predação e oviposição têm sido consideradas características muito relevantes na seleção de agentes de controle de pragas (van Houten et al., 1995). Portanto, o objetivo deste processo foi mudar a média genotípica da população, para a característica selecionada, através do aumento da frequência dos genes favoráveis, selecionando indivíduos superiores na geração parental e assim evitando que indivíduos geneticamente inferiores passassem suas características as próximas gerações.

3.2. Material e Métodos

A população de *A. tamatavensis* utilizada neste trabalho foi coletada em folhas de *Ipoema pes-caprae* (L.) (conhecida popularmente como salsa-de-praia) no município de Olho d'Água das Flores (Alagoas). A coleta foi realizada em fevereiro de 2016, sendo as folhas levadas ao laboratório para separação dos ácaros. Nenhuma presa foi encontrada em associação com o predador. Após a coleta estes ácaros foram mantidos em unidades de criação similares àquelas descritas por McMurtry e Scriven (1965), alimentados com pólen de *Typha domingensis* Persoon e diferentes estágios de *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa, Oconnor e Moraes (Cavalcante et al., 2015; Massaro et al., 2016).

Essa população foi escolhida por ter sido a que se mostrou mais promissora no trabalho relatado no capítulo anterior, em que se avaliou a capacidade de predação e oviposição de 14 populações brasileiras de *A. tamatavensis*.

3.2.1. Seleção de linhagem mais eficiente

Para o processo de seleção foram consideradas as características de predação e oviposição. O trabalho foi realizado em câmara climatizada ($30 \pm 1^\circ\text{C}$ durante o período claro e $23^\circ \pm 1\text{ C}$ durante o período escuro), $76 \pm 11\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas. A unidade experimental utilizada no bioensaio foi constituída de um frasco plástico (1,5 cm de altura x 3,0 cm de diâmetro) com a base coberta por uma camada de uma mistura de gesso e carvão ativado (9v:1v) (Abbatiello, 1965) que era umedecida diariamente. Para evitar a fuga dos predadores, foi feita a vedação da unidade experimental com filme plástico (Magipac®). Duzentas fêmeas de *A. tamatavensis* de aproximadamente 8 dias de idade foram tomadas da colônia de criação e individualizadas em unidades experimentais, cada uma contendo 15 ovos de *B. tabaci* de até 24 horas de idade retirados da colônia de criação. O número de ovos consumidos diariamente por predador foi avaliado durante cinco dias, sendo estes repostos diariamente. Para cada fêmea individualizada havia uma unidade experimental auxiliar, que era constituída por um frasco plástico (7 cm de altura x 6,5 cm de diâmetro) com a base coberta por uma camada de uma mistura de gesso e carvão ativado (9v:1v) e com as bordas cobertas por cola entomológica para evitar a fuga dos predadores, na qual foi mantida toda sua progênie gerada durante a avaliação.

Ao final do quinto dia de avaliação, calculou-se a taxa de predação de cada fêmea. Esse parâmetro foi utilizado para selecionar os indivíduos com maior nível de predação, que foram mantidos no processo de seleção. A intensidade da seleção foi de 10%. Assim, a progênie das 20 fêmeas que apresentaram melhor desempenho foi mantida no ensaio para a formação da nova população. As progênies dos demais ácaros foram descartadas. Para análise dos dados foram realizados testes de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homogeneidade (teste de Levene). Como os dados não mostraram ser normais nem homogêneos, o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis foi utilizado para determinar se havia diferença estatística entre os tratamentos ($P < 0.05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa R. Além disso, foram calculados o diferencial de seleção (DS) e ganho genético (Δg). O diferencial de seleção é o resultado da diferença entre a média do

grupo selecionado e a média da população, já o ganho genético é a média da população selecionada menos a média da população original (Giannoni e Giannoni, 1986).

Em seguida, as progênes das 20 fêmeas selecionadas foram utilizadas para compor uma única população. Essa colônia foi mantida por aproximadamente 40 dias, para multiplicação dos indivíduos, até o início de um novo ciclo de seleção conduzido com a mesma metodologia. Todo o processo experimental foi repetido seis vezes.

Ao fim do processo de seleção para predação, a população resultante foi utilizada para iniciar um processo de seleção para a característica oviposição, seguindo a mesma metodologia anteriormente citada.

3.2.2. Tabelas de vida de fertilidade de diferentes linhagens de *Amblyseius tamatavensis*

Foram construídas três tabelas de vida de fertilidade: da população original (coletada em Olho d'Água das Flores), da população selecionada para a característica predação e da população selecionada para predação e oviposição.

Para o início da avaliação, foram obtidos ovos de *A. tamatavensis* de idades aproximadamente homogêneas. Para isso, foi utilizada uma unidade de criação onde foram colocadas fêmeas grávidas do predador e alimento abundante (ovos de *B. tabaci*). Doze horas mais tarde, 50 ovos do predador foram retirados das unidades, colocando-se cada um em uma unidade experimental semelhante à descrita para a seleção. A partir da emergência das larvas e até a morte dos predadores, estes foram alimentados diariamente com 15 ovos de *B. tabaci* de até 24 horas de idade.

As unidades experimentais foram mantidas em câmara climatizada ($30 \pm 1^\circ\text{C}$ durante o período claro e $23^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ durante o período escuro), $74 \pm 7\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas.

Na fase inicial do estudo, as unidades foram observadas a cada 12 horas para determinar a duração de cada fase imatura do predador. Logo após a emergência de cada fêmea, juntou-se a ela um macho retirado aleatoriamente da colônia de manutenção. A partir de então, as unidades experimentais foram observadas a cada 24 horas, para determinar a duração dos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós oviposição, assim como a oviposição diária. Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade – taxa líquida de reprodução (R_o), tempo médio de cada geração (T), taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) e

razão finita de aumento populacional (λ) – foram estimados e comparados utilizando o programa TWOSEX-MSChart (Chi, 2018).

3.3. Resultados

3.3.1. Seleção de linhagem mais eficiente

Na seleção para predação, após seis gerações, a média das 200 fêmeas, ou seja, a média da população, passou de 7,7 para 8,8 presa/fêmea/dia. O maior ganho genético foi observado na terceira geração (0,6), sendo que ao final do processo o ganho genético total foi de 1.1 presa/fêmea/dia. O diferencial de seleção apresentou um valor alto durante o processo de seleção, atingindo o máximo de 1,6 ovos/fêmea/dia na 2ª geração (Tabela 4).

Na seleção para oviposição, o ganho genético foi de apenas 0.1 ovos. Os valores do diferencial de seleção para oviposição também ficaram baixos (Tabela 5).

Tabela 4. : Predação média diária (ovos de *Bemisia tabaci* \pm EP) de cada fêmea e parâmetros genéticos avaliados após cada ciclo de seleção de *Amblyseius tamatavensis*, realizado em câmara climatizada a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ durante o dia, $23 \pm 1^\circ\text{C}$ durante a noite, $76 \pm 11\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas.

Parâmetros genéticos	Gerações					
	1	2	3	4	5	6
Média de 200 ♀	7,7 \pm 0,9 a	7,9 \pm 1,0 ab	8,5 \pm 0,8 b	8,6 \pm 0,9 b	8,6 \pm 0,7 b	8,8 \pm 0,8 b
Média das 20 melhores ♀	9,2 \pm 0,6 a	9,5 \pm 0,4 a	9,7 \pm 0,5 a	9,8 \pm 0,5 a	9,9 \pm 0,3 a	9,9 \pm 0,4 a
DS	1,5	1,6	1,2	1,2	1,3	1,1
Δg	-	0,2	0,6	0,1	0	0,2

Para cada parâmetro, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (teste Kruskal Wallis; $P < 0.05$).

Tabela 5. Oviposição média diária (dias \pm EP) de cada fêmea e parâmetros genéticos avaliados após cada ciclo de seleção de *Amblyseius tamatavensis*, realizado em câmara climatizada a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ durante o dia, $23 \pm 1^\circ\text{C}$ durante a noite), $76 \pm 11\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas.

Parâmetros genéticos	Gerações					
	1	2	3	4	5	6
Média de 200 ♀	1,2 \pm 0,3 a	1,2 \pm 0,4 a	1,2 \pm 0,3 a	1,2 \pm 0,2 a	1,2 \pm 0,4 a	1,3 \pm ,3 a

Média das 20 melhores ♀	1,5 ± 0,1 a	1,5 ± 0,1 a	1,5 ± 0,2 a	1,5 ± 0,2 a	1,5 ± 0,1 a	1,5 ± 0,2 a
DS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Δg	-	0	0	0	0	0,1

Para cada parâmetro, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (teste Kruskal Wallis; $P < 0.05$).

3.3.2. Tabelas de vida de fertilidade de diferentes linhagens de *Amblyseius tamatavensis*

Diferenças significativas foram observadas apenas para alguns dos parâmetros relacionados à duração do desenvolvimento do ácaro (Tabela 6). Um destes refere-se à duração do período imaturo, que foi significativamente menor para a população original (5,6 dias) que para as populações selecionadas (7,0 e 7,1), as quais não diferiram entre si. Diferença significativa também foi observada para a duração média de uma geração, sendo esta menor para a população original (15,0 dias) que para as populações selecionadas (16,4 e 16,9), que não diferiram entre si. As diferenças observadas parecem ser devidas principalmente às durações significativamente menores das fases de ovo e deutoninfa da população original, já que não foram observadas diferenças significativas entre populações para as durações de outras fases. Os níveis de sobrevivência foram praticamente os mesmos para as distintas populações (80–82% para a fase imatura). Diferenças significativas também não foram observadas entre as populações para os distintos parâmetros da tabela de vida: r_m (0,172–0,164), R_0 (14,93–16,14) e λ (1,193–1,184).

Tabela 6. Duração (dias ± EP) dos estágios imaturos e de diferentes fases do estágio adulto, sobrevivência (%) de imaturos e parâmetros da tabela de vida da população original, selecionada para predação (selecionada 1) e para predação e oviposição (selecionada 2) de *Amblyseius tamatavensis*, alimentado com ovos de *Bemisia tabaci*, a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ durante o dia e $23 \pm 1^\circ\text{C}$ durante a noite, $74 \pm 7\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas.

Estágios imaturos	Original		Selecionada 1		Selecionada 2	
	Duração	Sobreviv. (%)	Duração	Sobreviv. (%)	Duração	Sobreviv. (%)
Ovo ^a	1.8 ± 0.1 a	98	2.6 ± 0.1 b	98	2.7 ± 0.1 b	100
Larva ^a	1.2 ± 0.1 a	86	1.4 ± 0.2 a	88	1.4 ± 0.2 a	86
Protoninfa ^a	1.5 ± 0.2 a	98	1.2 ± 0.1 a	96	1.3 ± 0.1 a	98
Deutoninfa ^a	1.1 ± 0.1 a	98	1.8 ± 0.2 b	100	1.6 ± 0.1 b	98
Ovo–adulto ^a	5.6 ± 0.1 a	80	7.1 ± 0.2 b	82	7.0 ± 0.1 b	82
Pré-ovipos. ^a	2.9 ± 0.1 a		2.7 ± 0.3 a		2.8 ± 0.1 a	
Oviposição ^a	11.8 ± 0.1 a		12.2 ± 0.5 a		12.1 ± 0.3 a	
Pós-ovipos. ^c	3.1 ± 0.03 a		3.2 ± 0.4 a		3.3 ± 0.2 a	

T ^c	15.0 ± 0.1 a	16.9 ± 0.4 b	16.4 ± 0.2 b
Long. ♀ ^a	23.0 ± 1.3 a	24.9 ± 1.0 a	25.1 ± 1.2 a
Fecundid. ^a	23.8 ± 0.5 a	23.9 ± 0.2 a	24.0 ± 0.4 a
% ♀♀ ^b	78 a	76 a	75 a
r_m ^c	0.172 ± 0.1 a	0.165 ± 0.5 a	0.164 ± 0.1 a
R₀ ^c	14.93 ± 1.6 a	15.92 ± 1.0 a	16.14 ± 1.7 a
λ ^c	1.193 ± 0.1 a	1.184 ± 0.3 a	1.185 ± 0.1 a

Para cada parâmetro, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (^a Teste Mann-Whitney, ^b Qui-quadrado, ^c Teste pareado Bootstrap ($P < 0,05$)).

3.4. Discussão

Considerável ganho genético foi observado neste trabalho em relação à taxa de predação. Após seis gerações de seleção, o ganho genético conseguido foi de 1,1 ovos/fêmea/dia (aproximadamente 15% de aumento em relação à população original) demonstrando resultado promissor para o melhoramento. O diferencial de seleção apresentou um valor alto durante o processo de seleção, atingindo o máximo de 1,6 ovos/fêmea/dia (aproximadamente 20%) na 2^a geração, revelando potencial elevado para a seleção das melhores fêmeas. No entanto, o ganho genético foi alto na primeira parte do processo de seleção, passando a ser muito pequeno a partir de então. Além do diferencial de seleção, outro parâmetro que pode influenciar no ganho genético é a herdabilidade (Gianonni e Giannoni, 1986) e por isso esse resultado sugere que a herdabilidade para a capacidade de predação seja reduzida.

O ganho genético foi praticamente nulo quando a população selecionada para predação foi submetida ao processo de seleção para oviposição. Foi observado também um baixo diferencial de seleção, mostrando um baixo potencial para a seleção das melhores fêmeas. Esse resultado pode evidenciar baixa variabilidade genética entre os indivíduos avaliados para a característica oviposição. A presença de variação genética adequada na população inicial é de importância fundamental para o sucesso de programas de reprodução seletiva (Wajnberg, 2004, Lommen et al., 2017), já que em processos de melhoramento como o realizado neste estudo, os efeitos da seleção estão restringidos a utilização da variação já presente na população.

Aparentemente a característica oviposição tem mais variação em relação a mudanças ambientais do que em relação à variação genética. No caso de *A. tamatavensis*, podemos observar uma variação de oviposição maior quando comparamos este ácaro predador sendo alimentado com diferentes presas (Cavalcante et al., 2015; Massaro et al., 2016;) do que

quando comparamos diferentes populações sendo alimentadas com a mesma presa. Na comparação de duas populações do fitoseídeo *Amblyseius largoensis* (Muma) alimentadas com o ácaro fitófago *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae), Domingos et al. (2013) também encontraram pequena diferença em relação à oviposição.

As tabelas de vida de fertilidade realizadas com a população antes e após o processo de seleção mostraram um possível custo adaptativo gerado por esse processo. Nestas tabelas pode-se observar um aumento significativo do período imaturo e do tempo médio de cada geração (T) na população após o processo de seleção. Custos adaptativos em ácaros predadores têm sido relatados principalmente em processos de seleção para indivíduos resistentes a algum tipo de agrotóxico (Duso et al., 1992; Rezende et al., 2013). O custo fisiológico associado à seleção de determinada característica pode ocasionar uma desvantagem adaptativa deste organismo em campo, tornando-o assim, menos eficiente, apesar das características selecionadas, o que pode tornar a população selecionada pouco estável em campo.

Outra preocupação em processos de seleção como o realizado neste trabalho é em relação a um fenômeno conhecido como endogamia. A endogamia é o acasalamento entre indivíduos geneticamente semelhantes (aparentados). O processo de melhoramento e seleção realizados neste estudo não apenas aceleram o progresso genético, mas também tornam mais propensos o aumento da endogamia, que pode levar à expressão de genes recessivos deletérios presentes na população (Gianonni e Gianonni, 1986). Entretanto, ácaros predadores da família Phytoseiidae, tem um tipo de reprodução chamada de pseudo-arrenotoquia (Toyoshima e Amano, 2012). Neste tipo de reprodução, apesar de machos e fêmeas serem gerados por ovos fecundados, os ovos que dão origem aos machos têm seus cromossomos paternos inativados tornando-se assim haploides. Sistemas de reprodução haplo-diploides podem ser mais resistentes a depressão endogâmica, isso porque genes recessivos deletérios podem ser excluídos, por sua expressão imediata nos machos haploides (Weren, 1993; Filia et al., 2015). Este fator pode ser um ponto positivo quando se pensa em processos de melhoramento genético em ácaros predadores da família Phytoseiidae.

O sistema de melhoramento genético de inimigos naturais pode trazer um grande avanço na utilização do controle biológico de pragas, auxiliando no desenvolvimento de indivíduos cada vez mais eficientes e compatíveis com os ambientes em que estes devem ser utilizados. A exploração da variação natural intraespecífica para a otimização de inimigos naturais e sua utilização no campo pode ter muito menos restrições em relação a questões

éticas e legislativas do que o uso de transgênicos, inimigos naturais exóticos importados ou inseticidas químicos (Lommen et al., 2017).

Os resultados obtidos neste trabalho permitem supor que existe na população estudada variabilidade suficiente para fins de seleção de genótipos mais promissores e esse processo pode ser ampliado (maior amostragem inicial e mais gerações), podendo ser empregados também métodos para que se possa estimar a herdabilidade das características e assim aumentar a eficiência do processo de melhoramento.

O processo de melhoramento realizado neste capítulo com indivíduos de *A. tamatavensis* deu origem a uma população que apresentou taxas de predação maiores que a população original e outras coletadas em campo, quando comparadas em laboratório. Em função dos resultados promissores em relação ao aumento da eficiência da população de *A. tamatavensis* no controle de *B. tabaci* e das tabelas de vida de fertilidade não mostrarem custos adaptativos importantes, testes em campo devem ser realizados para avaliar a real eficiência desta linhagem. Esses testes devem mostrar se não há outros possíveis custos adaptativos que poderiam torná-la pouco estável ou imprópria para o uso.

REFERENCIAS

- ABBATIELLO, M.J. A culture chamber for rearing soil mites. **Turttox news**, Chicago, v. 7, p. 162-164, 1965.
- DE BARRO, P.J.; LIU, S.S.; BOYKIN, L.M.; DINSDALE, A.B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 56, p. 1-19, 2011.
- 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**, Stanford, v. 40, p. 511-534, 1995.
- CAVALCANTE, A.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**, Lanham, v. 108, n. 1, p. 29-33, 2015.
- CAVALCANTE A.C.C., MANDRO M.E.A., PAES E.R., MORAES G. J. 2017. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleurodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, 43: 10-15, 2017.
- CHI, H. TWOSEX-MSCHART. **A computer program for age stage, two-sex life table analysis**. Disponível em: <http://140.120.197.173/Ecology/> Acesso em: 20 jun. 2018.
- DEMITE, P.R.; MORAES, G.J. de; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CASTILHO, R.C. **Phytoseiidae Database**. Disponível em: <http://www.lea.usp.br/phytoseiidae/>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- DOMINGOS, C.A.; OLIVEIRA, L.O.; MORAIS, E.G.F.; NAVIA, D.; MORAES, G. J.; GONDIM, JR. M.G.C. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.60, p. 83-93, 2013.

- DUSO, C.; CAMPORESE, P.; VAN DER GEEST, L. P. S. Toxicity of a number of pesticides to strains of *Typhlodromus pyri* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae). **Entomophaga**, Paris, v. 37, p. 362-372, 1992.
- FILIA, A. G.; BAIN, S. A.; ROSS, L. Haplodiploidy and the reproductive ecology of arthropods. **Current Opinion in Insect Science**, v.9, p. 36-43, 2015.
- GIANNONI, M. A.; GIANNONI, M. L.; PIZA, O. T. **Genética e melhoramento de rebanhos nos trópicos: questões e exercícios**. Campinas: Agro Livro, 515 p., 1986.
- HOPPER, K.R.; ROUSH, R.T.; POWELL, W. Management of genetics of biological-control introductions. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 38, p. 27-51, 1993.
- HOY, M.A. Genetic improvement of insects: fact or fantasy. **Environmental Entomology**, College Park, v. 5, p. 833-839, 1976.
- HOY, M. A. Pesticide resistance in arthropod natural enemies: variability and selection responses, pp. 203–236. In: **Pesticide Resistance in Arthropods**. R. T. Roush, and B. E. Tabashnik, Eds. Chapman, and Hall, New York, 1990.
- HOY, M. A. Transgenic beneficial arthropods for pest management programs: An assessment of their practicality and risks, pp. 357–369. In: **Pest Management: Biologically Based Technologies**. R. D. Lumsden, and J. L. Vaughn, Eds. Am. Chem. Soc. Conf. Proc. Series., Washington, DC, 1993.
- LOMMEN, S. T. E.; JONG, P. W.; PANNEBAKKER, B. A. It is time to bridge the gap between exploring and exploiting: prospects for utilizing intraspecific genetic variation to optimize arthropods for augmentative pest control – a review. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 162, p. 108-123, 2017.
- LOURENÇÃO, A.L.; SAKATE, R.K.; VALLE, G.E. *Bemisia tabaci* biótipo B. In: Vilella, E.; Zucchi, R.A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, 2015.

- LOZIER, J.D.; RODERICK, G.K.; MILLS, N.J. Evolutionarily significant units in natural enemies: identifying regional populations of *Aphidius transcaspicus* (Hymenoptera: Braconidae) for use in biological control of mealy plum aphid. **Biological Control**, Orlando, v. 46, p. 532–541, 2008.
- MASSARO M., MARTIN J.AP.I., MORAES G.J., Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 8, p. 297-320, 201370: 411, 2016.
- MASSARO M., MONTRAZI M., MELO J.W.S., MORAES G.J. Production of *Amblyseius tamatavensis* with *Thyreophagus crasentiseta* (Acari: Phytoseiidae, Acaridae). **International Journal of Pest Management** (no prelo), 2019.
- MCMURTRY, J.A.; SCRIVEN, G.T. Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 58, n. 2, p. 282-284, 1965.
- NACHAPPA, P; MARGOLIES, D.C.; NECHOLS, J.R.; MORGAN, T.J. Response of a complex foraging phenotype to artificial selection on its component traits. **Evolutionary Ecology**, v. 24, p. 631–655, 2010.
- REZENDE, D. D. M.; FADINI, M. A. M.; OLIVEIRA, H. G.; OLIVEIRA, C. M.; MELO, J. W. S.; GUEDES, R. N. C.; PALLINI, A. Fitness costs associated with low-level dimethoate resistance in *Phytoseiulus macropilis*. **Experimental and Applied Acarology**, Dordrecht, v. 60, p. 367-379, 2013.
- SILVA, L. D.; OMOTO, C.; BLEICHER, E.; DOURADO, P. M. Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 116-25, 2009.
- STOUTHAMER, R; LUCK, R.F.; WERREN, J.H. Genetics of sex determination and the improvement of biological control using parasitoids. **Environmental Entomology**, v. 21, p. 427–435, 1992.

TABONE, E; BARDON, C.C; DESNEUX, N.; WAJNBERG, E. Parasitism of different *Trichogramma* species and strains on *Plutella xylostella* L. on greenhouse cauliflower. **Journal of Pest Science**, v. 83, p. 251–256, 2010.

TOYOSHIMA, S.; AMANO, H. **Presumed Paternal Genome Loss During Embryogenesis of Predatory Phytoseiid Mites, Embryogenesis**, Ken-ichi Sato, IntechOpen, 2012. DOI: 10.5772/37477.

VAN HOUTEN Y.M., VAN RIJN P.C.J., TANIGOSHI L.K., VAN STRATUM P., BRUIN J. Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, 74: 225–234, 1995.

WAJNBERG, E. Quality control of mass-reared arthropods: a genetical and statistical approach. **Proceedings of the 5th Workshop of the IOBC Working Group Quality Control of Mass-Reared Arthropods** (ed. by F Bigler), p. 15–25. Wageningen, The Netherlands, 1991.

WAJNBERG, E. Measuring genetic variation in natural enemies used for biological control: why and how? **Genetics, Evolution and Biological Control** (ed. by LE Ehler, R Sforza & TMateille), pp. 19–37. CAB International, Wallingford, 2004.

WAJNBERG, E. Genetics of the behavioral ecology of egg parasitoids. **Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma** (ed. by FL Consoli, JRP Parra & RA Zucchi), pp. 149–165. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2010.

WAJNBERG, E.; CURTY, C.; JERVIS, M. Intra-population genetic variation in the temporal pattern of egg maturation in a parasitoid wasp. **Plos One**, v. 7, p. 9-13, 2012

WERREN, J.H. The evolution of inbreeding in haplodiploid organisms. **In The Natural History of Inbreeding and Outbreeding: Theoretical and Empirical Perspectives**. Edited by Thornhill NW. University of Chicago Press; 1993.

WHITTEN, M.; HOY, M.A. Genetic improvement and other genetic considerations for improving the efficacy and success rate of biological control. **Handbook of Biological Control** (ed. by TS Bellows, TW Fisher, LE Caltagirone, DL Dahlsten, G Gordh & CB Huffaker), pp. 271–296. Academic Press, San Diego, 1999.

4. COMPARAÇÃO ENTRE POPULAÇÕES DE *AMBLYSEIUS TAMATAVENSIS* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) SELECIONADAS E NÃO SELECIONADAS EM LABORATÓRIO PARA A EFICIÊNCIA DO CONTROLE DE *BEMISIA TABACI* (INSECTA: ALEYRODIDAE)

Resumo

Amblyseius tamatavensis Blommers é um ácaro predador da família Phytoseiidae que mostrou resultados promissores que relação ao controle de *Bemisia tabaci* Gennadius. Várias populações deste ácaro predador coletadas no Brasil foram avaliadas para predação e oviposição quando oferecida *B. tabaci* como alimento. Uma delas (coletada em Olho d'Água das Flores) passou por um processo de seleção em laboratório, e após seis gerações, apresentou um aumento significativo na predação. Neste capítulo, o objetivo foi comparar diferentes populações, selecionadas e não selecionadas em laboratório, em plantas de pimentão mantidas em um telado e avaliar se o processo de seleção realizado anteriormente deu origem a uma população com potencial para ser utilizada em campo. Quatro tratamentos foram comparados: (1) população selecionada (que passou pelo processo de seleção citado no capítulo anterior); (2) a população original (coletada em Olho d'água das Flores (Alagoas) e que não passou pelo processo de seleção); (3) população de laboratório (de origem desconhecida dentro do estado de São Paulo e mantida em laboratório por 5 anos); e (4) tratamento controle (sem liberação do predador). Em cada tratamento foram utilizadas 15 mudas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), em cada uma das quais duas "clip-cage" foram fixadas em folhas da região mediana de cada planta. Em seguida, foram transferidos cerca de 50 adultos de *B. tabaci* para cada "clip cage", removendo-se os insetos 24 horas mais tarde. Em seguida, 15 adultos de *A. tamatavensis* foram liberados em cada planta, de acordo com os tratamentos citados anteriormente, exceto no tratamento controle. O número de imaturos de *B. tabaci* nas plantas de pimentão foi avaliado após 7 e 14 dias da inoculação dos predadores. As três populações avaliadas apresentaram um controle significativo de *B. tabaci* quando comparadas com o tratamento controle. Os melhores resultados foram observados com a população que passou pelo processo de seleção, que teve uma eficiência maior quando comparada com as outras populações. Essa população apresentou uma redução nos imaturos de *B. tabaci* que variou de 82 a 90% após 14 dias da liberação dos predadores. Os resultados obtidos sugerem que, assim como observado nas tabelas de vida realizadas no capítulo anterior, não se observou um custo adaptativo significativo na população que passou pelo processo de seleção. Estudos complementares devem ser realizados para avaliar se essas populações estudadas mantem o mesmo comportamento em cultivos no campo.

Palavras-chave: Mosca-branca; Ácaro predador; Populações

Abstract

Amblyseius tamatavensis Blommers is a predatory mite of the family Phytoseiidae that showed promising results regarding the control of *Bemisia tabaci*. Several populations of this predatory mite collected in Brazil were evaluated for predation and oviposition when offered *B. tabaci* as food. One of them (collected in Olho d'Água das Flores) passed by a selection process in the laboratory, and after six generations, presented a significant increase in predation. In this chapter, the objective was to compare different populations, selected and not selected in the laboratory, in pepper plants and to evaluate if the previous selection process originated a population with potential to be used in the field. The evaluation was performed with four treatments: (1) selected population (population that passed by the selection process cited in the previous chapter); (2) the original population (population collected in the Olho d'água das Flores (Alagoas) and that did not passed by the selection process); (3) laboratory population (of unknown origin within the state of São Paulo and kept in laboratory for 5 years); and (4) control treatment (without predator release). Fifteen plants of *Capsicum annuum* L. were used in each treatment, onto each of which two "clip-cages" were fixed in leaves of the medium region of each plant. About 50 adults of *B. tabaci* were transferred to each "clip cage" and 24 h later the insects were removed. Fifteen adults of *A. tamatavensis* were then released onto each plant according to the treatments cited above, except in the control treatment. The number of immature *B. tabaci* on the pepper plants was evaluated after 7 and 14 days of predator inoculation. The three populations evaluated showed a significant control of *B. tabaci* when compared to the control treatment. The best results were observed with the population subjected to the selection process, which had a greater efficiency when compared with the other populations. This population showed a reduction in the immatures of *B. tabaci* that ranged from 82 to 90% after 14 days of predator release. The results obtained in the pepper plants suggest that, as observed in the life tables performed in the previous chapter, no significant adaptive cost was observed in the population that went through the selection process. However, complementary studies should be carried out to evaluate whether these studied populations maintain the same behavior in field crops.

Keywords: Whitefly; Predatory mite; Populations

4.1. Introdução

O controle biológico aplicado é usualmente realizado através de três estratégias, ou seja, controle biológico clássico, conservação ou incremento. Qualquer que seja a estratégia adotada, o sucesso de um plano de controle biológico depende fundamentalmente da qualidade dos agentes de controle, independentemente da praga ou da espécie de agente de controle biológico utilizado (Moraes e Flechtmann, 2008). Os principais fatores para que um

inimigo natural seja considerado um bom agente de controle biológico são sua eficiência predatória e a facilidade de ser criado de forma massal em laboratório (Parra et al., 2002).

Alguns dos agentes de controle biológico utilizados no campo são os ácaros predadores, sendo os da família Phytoseiidae os mais utilizados e estudados. *Amblyseius tamatavensis* (Blommers) é um fitoseídeo amplamente distribuído no Brasil e no mundo (Demite et al., 2018). Este vem sendo avaliado como agente de controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius). Este inseto-praga, conhecido popularmente como mosca-branca, pode causar prejuízos em diversos tipos de cultivos, como hortaliças, soja, algodão, feijão, etc (Brown et al., 1995; de Barro et al., 2011; Lourenção et al., 2014). Além dos danos diretos, a mosca-branca também é vetor de diversos fitovírus (Inbar e Gerling, 2008; Hogenhout et al., 2008). Estima-se que este inseto-praga cause um prejuízo de bilhões de dólares em cultivos do mundo todo. Atualmente, seu controle é realizado principalmente com o auxílio de produtos químicos. Entretanto, devido aos inúmeros casos de resistência a inseticidas, este tipo de controle não tem sido muito eficiente (Silva et al., 2009).

Torna-se assim imprescindível o desenvolvimento de métodos alternativos de controle de *B. tabaci*, como o controle biológico, com a utilização de ácaros predadores. Em vários países europeus e da América do Norte é comum a utilização dos fitoseídeos *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) e *Euseius gallicus* Kreiter & Tixier no controle de mosca-branca (Hoogerbrugge et al., 2005; Knapp et al., 2013; Eppo, 2017), entretanto, no Brasil, nenhuma dessas espécies é comercializada. Destas espécies, a única que já foi reportada no Brasil é *A. limonicus*, entretanto, estudos mais profundos sobre o uso desta espécie no Brasil para o controle de mosca-branca são bastante escassos (Noronha e Moraes, 1992). O processo de introdução de novas espécies de inimigos naturais costuma ser bastante custoso e demorado, por isso a busca por espécies nativas de ácaros predadores é bastante importante.

Estudos realizados por Cavalcante et al. (2015, 2017), buscaram selecionar espécies nativas de ácaros predadores e resultados promissores foram observados para a espécie *A. tamatavensis*. Vários trabalhos já mostraram que diferentes populações de uma mesma espécie podem apresentar diferentes níveis de eficiência de controle de pragas (Furtado et al., 2007; Domingos et al., 2012). A partir dessa hipótese, no capítulo anterior, várias populações de *A. tamatavensis* foram coletadas em diferentes locais pelo Brasil, diferenças nos níveis de predação e oviposição entre os indivíduos possibilitaram o início de um processo de seleção em laboratório com intuito de desenvolver uma população que fosse mais eficiente em campo.

Avaliações em laboratório mostraram resultados promissores quanto ao aumento da eficiência da população selecionada em relação às demais populações avaliadas. O processo de seleção realizado com indivíduos coletados no município de Olho d'Água das Flores mostrou um aumento significativo no nível de predação da população.

O objetivo deste estudo foi comparar a eficiência de diferentes populações de *A. tamatavensis* em plantas de pimentão, avaliando assim se o processo de seleção realizado no capítulo anterior deu origem a uma população que tem potencial para ser utilizada em campo.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Populações utilizadas

A avaliação de eficiência de diferentes populações de *A. tamatavensis* foi realizada com quatro tratamentos: (1) população selecionada (que passou pelo processo de seleção citado no capítulo anterior); (2) a população de original (coletada em Olho d'água das Flores (Alagoas) e que não passou pelo processo de seleção); (3) população de laboratório (coletada em Piracicaba no estado de São Paulo e mantida em laboratório por 5 anos); e (4) tratamento controle (sem liberação do predador).

A forma de obtenção das populações utilizadas neste experimento foi descrita nos capítulos anteriores.

4.2.2. Avaliação de eficiência

Em cada tratamento foram utilizadas 15 mudas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) de aproximadamente 10 cm de altura, da variedade Dahra. Todo o experimento foi realizado em telado. As mudas foram individualizadas em vasos de 1L contendo substrato comercial Plantmax HT® e irrigadas diariamente durante todo o experimento. Cada vaso foi colocado em um prato (26 cm de diâmetro) contendo vermiculita e cuja borda continha cola entomológica para impedir a fuga dos predadores (Figura 1A). Cada planta foi coberta por uma gaiola constituída pela junção de duas garrafas “pet” (5 L) (Figura 1B). Para permitir a aeração, cada gaiola possuía duas aberturas diametralmente opostas (17 cm de altura e 8 cm

de comprimento) e uma abertura superior (3 cm de diâmetro) cobertas por um tecido de poliéster (400 mesh).

Quando as plantas estavam com cerca de 20 cm de altura, duas “clip-cage” (2,8 cm de diâmetro) (Figura 2A) foram fixadas em folhas da região mediana de cada planta. Em seguida, foram transferidos cerca de 50 adultos de *B. tabaci* para cada “clip cage” por meio de uma ponteira micropipeta (1 mL) acoplada com uma mangueira flexível (0,5 cm de diâmetro) (Figura 2B) e utilizada como um aspirador para se coletar os adultos de *B. tabaci*. Depois de 24 horas, a “clip cage” e os insetos adultos foram removidos, e o número de ovos de *B. tabaci* foi quantificado com uma lupa de bolso com aumento de 30x para a separação das plantas de forma a estabelecer uma homogeneidade em relação ao número de ovos de *B. tabaci* em cada planta.

Em seguida foram liberados 15 adultos de *A. tamatavensis* em cada planta de acordo com o tratamento citado anteriormente (populações escolhidas), exceto no tratamento controle. Também foi adicionado em cada planta, após a liberação dos predadores e na avaliação após sete dias, 4 mg de pólen de *Typha domingensis* (Persoon) Steud.

Após sete dias do início do experimento, as folhas utilizadas para colocar os “clip cage”, foram examinadas sob lupa de 30x para avaliação da densidade populacional de *B. tabaci*, tanto nas plantas que receberam predadores como nas plantas controle. Após outro período de sete dias, as folhas contendo os imaturos de *B. tabaci* foram destacadas da planta e esse mesmo procedimento foi repetido para uma nova avaliação da densidade populacional de *B. tabaci*. Nas folhas examinadas também se atentou para o aparecimento dos predadores.

Para análise estatística dos dados, cada vaso foi considerado uma repetição sendo o delineamento inteiramente casualizado. O experimento foi repetido 5 vezes em condições semelhantes de temperatura e umidade. Um termohigrômetro foi mantido no interior de uma das gaiolas para monitorar as condições climáticas na realização do estudo (Tabela 7). As médias foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0.05$) e as análises foram realizadas no programa R.

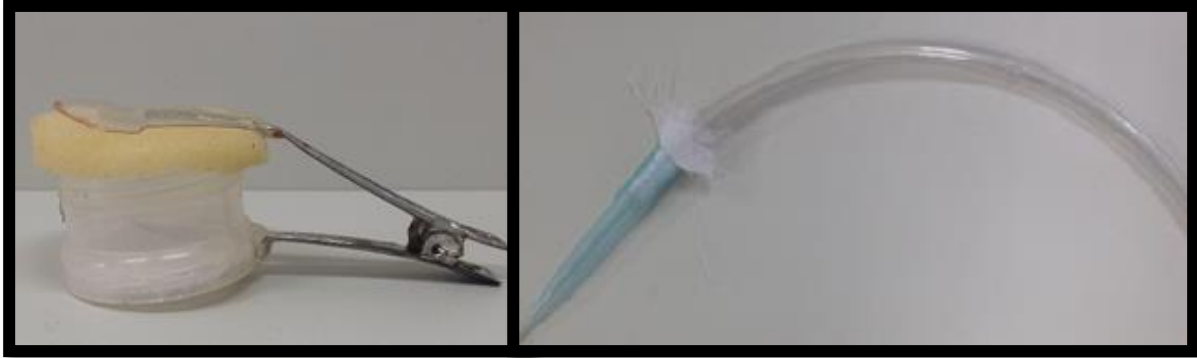
Tabela 7. Temperatura e umidade relativa (média, mínima, máxima) registradas dentro da gaiola cilíndrica contendo uma planta de pimentão após a liberação de *Amblyseius tamatavensis* em cada uma das cinco repetições.

Repetições	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
13 - 27 julho	19.4 (8.9-29.3)	69.6 (54-78)

14 - 28 agosto

23.2 (11.8-27.9)

73.5 (52-84)



13 - 27 setembro

24.5 (14.8-28.5)

76.6 (55-96)

04 - 18 outubro

25.1 (17.8-29.1)

81.3 (70-94)

31 outubro-14 novembro

25.9 (17.9-29.6)

80.2 (68-86)



Figura 3. A - Vaso de 1L colocado em um prato (26 cm de diâmetro) contendo vermiculita. B - Gaiola constituída pela junção de duas garrafas “pet” (5 L) com duas aberturas diametralmente opostas (17 cm de altura e 8 cm de comprimento) e uma abertura superior (3 cm de diâmetro) cobertas por um tecido de poliéster (400 mesh).

Figura 4. A - “clip-cage” (2,8 cm de diâmetro). B - Ponteira micropipeta (1 mL) acoplada com uma mangueira flexível (0,5 cm de diâmetro), utilizada como um aspirador para se coletar os adultos de *B. tabaci*.

4.3. RESULTADOS

Diferenças significativas foram observadas entre os tratamentos (Tabela 1). As três populações avaliadas apresentaram um controle significativo de *B. tabaci* quando comparadas com o tratamento em que o predador não foi liberado.

Os melhores resultados foram observados com a população que passou pelo processo de seleção, que teve uma eficiência maior quando comparada com as outras populações. Essa população apresentou reduções dos números de imaturos de *B. tabaci* que variaram de 82 a 90%, 14 dias após a liberação dos predadores. Já a população original apresentou reduções que variaram de 75 a 77% naquele mesmo período. A população de laboratório foi a menos eficiente, apresentando reduções que variaram de 65 a 72% naquele período.

Em todas as repetições, as populações apresentaram esse mesmo padrão de eficiência, entretanto, os maiores níveis de eficiência, para todas as populações, foram obtidos nas repetições realizadas nos períodos mais quente. Além disso, em 84% das plantas avaliadas foram observados predadores após 14 dias de inoculação.

Tabela 8. Número de imaturos (\pm EP) de *Bemisia tabaci* em diferentes períodos após a oviposição, na ausência de predadores ou na presença de diferentes populações de *Amblyseius tamatavensis*, em plantas de pimentão (*Capsicum annuum*, Dahra).

Repetição	Controle	População de laboratório	População original	População selecionada
INICIAL				
1	80 \pm 7 a	78 \pm 6 a	80 \pm 8 a	81 \pm 7 a
2	123 \pm 10 a	121 \pm 11 a	124 \pm 10 a	122 \pm 12 a
3	122 \pm 14 a	120 \pm 13 a	122 \pm 15 a	123 \pm 15 a
4	132 \pm 14 a	132 \pm 15 a	133 \pm 14 a	134 \pm 16 a
5	130 \pm 13 a	131 \pm 12 a	129 \pm 14 a	132 \pm 13 a
7 DIAS				
1	77 \pm 5 a	56 \pm 6 b	47 \pm 5 c	39 \pm 7 d
2	120 \pm 9 a	71 \pm 10 b	58 \pm 8 c	56 \pm 7 c
3	115 \pm 11 a	90 \pm 9 b	82 \pm 10 c	52 \pm 8 d

4	129 ± 12 a	91 ± 10 b	73 ± 7 c	54 ± 8 d
5	121 ± 10 a	94 ± 7 b	77 ± 5 c	56 ± 6 d
14 DIAS				
1	68 ± 6 a	24 ± 3 b	20 ± 2 b	14 ± 2 c
2	111 ± 10 a	42 ± 4 b	28 ± 3 c	20 ± 2 d
3	108 ± 11 a	40 ± 3 b	30 ± 3 c	21 ± 1 d
4	119 ± 13 a	41 ± 4 b	31 ± 2 c	18 ± 2 d
5	113 ± 10 a	36 ± 2 b	30 ± 1 c	12 ± 1 d

Em cada linha, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey ($P < 0.05$)).

4.4. Discussão

Os resultados observados neste experimento refletem as diferenças dos níveis de predação e oviposição que foram observadas entre as populações de *A. tamatavensis* nos capítulos anteriores. Os melhores resultados obtidos foram observados quando utilizada a população que passou pelo processo de seleção, seguida pela população coletada em Olho d'água das Flores e pela população de laboratório. As diferenças de eficiência entre as populações avaliadas neste trabalho demonstram a importância de se testar diferentes populações de uma mesma espécie no controle de determinada praga.

Todas as repetições apresentaram o mesmo padrão de eficiência, entretanto pode-se observar um aumento da eficiência em todas as populações de acordo com um aumento das temperaturas do ambiente, sugerindo assim, que este predador se sai melhor em temperaturas mais altas.

Os níveis de eficiência obtidos neste trabalho pela população selecionada também foram maiores do que os registrados por Cavalcante et al. (2017). Naquele trabalho, em que população utilizada foi a mesma população de laboratório utilizada neste trabalho e o método de avaliação também foi bastante semelhante, houve uma redução de imaturos de *B. tabaci* de 60% a 80%.

Em estudo realizado por Nomikou et al. (2002), com outras espécies de ácaros predadores (*Euseius scutalis* e *Amblyseius swirskii*), foi relatada uma redução de 16 a 21 vezes no tamanho da população de *B. tabaci* quando houve o uso destes predadores. *Amblyseius swirskii* também apresentou resultados positivos quando avaliado por Calvo et al. (2011) para o controle de *B. tabaci* com a liberação de 75 espécimes de uma população comercial *A. swirskii* por metro quadrado em uma plantação de pepino. Belda e Calvo (2006) relataram a necessidade de liberação 25 – 100 indivíduos de *A. swirskii* por m² para controle

de uma infestação inicial de 16 adultos de *B. tabaci* por planta de pimentão. Apesar de a comparação direta com estes trabalhos ser difícil devido a diferenças nos métodos de avaliação, os resultados aqui obtidos com a população selecionada de *A. tamatavensis* parecem ser tão promissores quanto os conseguidos com *A. swirskii*, um ácaro predador que já é amplamente comercializado em países da Europa para o controle de *B. tabaci*.

A presença de *A. tamatavensis* nas plantas de pimentão ao final das avaliações demonstra que mesmo sob baixa densidade da presa, estes predadores conseguiram permanecer na planta. Este resultado pode ser devido ao uso de polén como suplemento alimentar para estes predadores. Em trabalho realizado por Nomikou et al. (2010), foi demonstrado que a suplementação de polen nas plantas quando há a liberação de *A. swirskii* aumentou a eficiência de controle deste predador em relação a *B. tabaci*.

Os resultados obtidos nas plantas de pimentão sugerem que, assim como observado nas tabelas de vida realizadas no capítulo anterior, não se observou um custo adaptativo significativo na população que passou pelo processo de seleção. Entretanto, estudos complementares devem ser realizados para avaliar se essas populações estudadas mantem o mesmo comportamento em cultivos no campo.

REFERENCIAS

- DE BARRO, P.J.; LIU, S.S.; BOYKIN, L.M.; DINSDALE, A.B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 56, p. 1-19, 2011
- BELDA, J.E.; CALVO, J.F. Eficacia de *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) en el control biológico de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) en pimiento en condiciones de semicampo. *Boletín Sanid Vegetables Plagas*. v. 32, p. 283–296, 2006.
- 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**, Stanford, v. 40, p. 511-534, 1995.
- CAVALCANTE, A.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.
- CAVALCANTE A.C.C., MANDRO M.E.A., PAES E.R., MORAES G. J. 2017. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleurodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, 43: 10-15, 2017.
- CALVO, J.; FERNANDEZ, P.; BOLCKMANS, K.; BELDA, J.E. Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. **BioControl**, Dordrecht, v. 56, p. 185-192, 2011.
- DEMITE, P.R.; MORAES, G.J. de; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CASTILHO, R.C. **Phytoseiidae Database**. Disponível em: <<http://www.lea.usp.br/phytoseiidae/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

DOMINGOS, C.A.; OLIVEIRA, L.O.; MORAIS, E. G. F.; NAVIA, D.; MORAES, G. J.; GONDIM JR., M. G. C. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 60, p. 83-93, 2013.

EPPO – EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Commercially used biological control agentes: arachnida, acarina.** Disponível em: <http://archives.eppo.int/EPPOStandards/biocontrol_web/acarina.htm>. Acesso em 20 jan. 2017.

FURTADO, I. P.; MORAES, G.J.; KREITER, S.; TIXIER, M-S.; KNAPP, M. Potential of a Brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Biological Control**, Orlando, v. 42, p. 139-147, 2007.

HOGENHOUT, S.A.; AMMAR, E.D.; WHITFIELD, A.E.; REDINBAUGH, M.G. Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 46, n. 1, p. 327-359, 2008.

HOOGERBRUGGE, H.; CALVO, J.; HOUTEN, Y. VAN; BELDA, J.E.; BOLCKMANS, K. Biological control of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* with the predatory mite *Amblyseius swirskii* in sweet pepper crops. **IOBC/WPRS Bulletin**, Turku, v. 28, n. 1, p. 119-122, 2005.

INBAR, M.; GERLING, D. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 53, p. 431-438, 2008.

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

- LOURENÇÃO, A.L.; SAKATE, R.K.; VALLE, G.E. *Bemisia tabaci* biótipo B. In: Vilella, E.; Zucchi, R.A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, 2015.
- MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia**. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: HoloS, 2008. 308p.
- NOMIKOU, M.; et al. Phytoseiidae predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 27, p. 57-68, 2002.
- NOMIKOU, M.; SABELIS, M. W.; JANSSEN, A. Pollen subsidies promote whitefly control through the numerical response of predatory mites. **BioControl**, Dordrecht, v. 55, p. 253-260, 2010.
- NORONHA, A.C.S.; MORAES, G.J.D. Sobrevivência e desenvolvimento de *Amblyseius limonicus* (Garman & McGregor) (Acari: Phytoseiidae) sobre mosca branca. In: Melo ISD, editor. III Simpósio de Controle Biológico. **Proceedings of the III Simpósio de Controle Biológico**; 1992; Águas de Lindóia, São Paulo: EMBRAPA-CNPDA. Out 12-16, 1992.
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle biológico: terminologia. In:_____. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16.
- SILVA, L. D.; OMOTO, C.; BLEICHER, E.; DOURADO, P. M. Monitoramento da suscetibilidade a inseticidas em populações de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 116-25, 2009.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou que a variabilidade entre indivíduos de *Amblyseius tamatavensis* possibilitou o desenvolvimento de uma população que apresentou taxas de predação maiores que a população original e outras coletadas em campo, quando comparadas em laboratório. Entretanto, estudos complementares devem ser realizados para avaliar se essas populações estudadas mantem o mesmo comportamento em cultivos no campo.

Processos de seleção como o realizado neste trabalho são feitos por humanos a muitos anos e permitiram o desenvolvimento de variedades de plantas e raças de animais que atendessem melhor as necessidades de consumo. E apesar de trabalhos deste tipo serem pouco explorados no uso de inimigos naturais, os resultados deste estudo indicam o grande potencial de aplicação de processos de seleção a esses organismos para aumentar a eficiência e utilização do controle biológico em campo.