

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CAPACIDADE E MECANISMOS DE DISPERSÃO DO  
ÁCARO-VERMELHO-DO-AMENDOIM *Tetranychus*  
*ogmophallos* (ACARI: TETRANYCHIDAE)**

**Fabiano Aparecido dos Santos**

Engenheiro Agrônomo

**2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CAPACIDADE E MECANISMOS DE DISPERSÃO DO  
ÁCARO-VERMELHO-DO-AMENDOIM *Tetranychus*  
*ogmophallos* (ACARI: TETRANYCHIDAE)**

**Fabiano Aparecido dos Santos**

**Orientador: Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola).

**2018**

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**FABIANO APARECIDO DOS SANTOS** – Nasceu em 31 de agosto de 1990 em Catanduva, estado de São Paulo, filho de Adauto Aparecido dos Santos e Maria Marlene Mariani dos Santos. É Técnico Agrícola formado em 2007 pelo Colégio Técnico Agrícola José Bonifácio – UNESP/Jaboticabal. É Engenheiro Agrônomo graduado em 2015 pela Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/FCAV, câmpus de Jaboticabal, estado de São Paulo. De 2013 a 2015, durante a graduação, foi bolsista CNPq, desenvolvendo atividades de pesquisa com ênfase no controle do ácaro *Tetranychus ogmophallos* sob orientação do Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade. Em março 2016, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/FCAV, câmpus de Jaboticabal, estado de São Paulo, atuando em pesquisas relacionadas à Acarologia Agrícola. Durante o Mestrado foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, sob orientação do Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade.

Santos, Fabiano Aparecido dos  
S237 Capacidade e mecanismos de dispersão do ácaro-vermelho-  
c do-amendoim *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) /  
Fabiano Aparecido dos Santos. -- Jaboticabal, 2018  
vi, 50 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018  
Orientador: Daniel Junior de Andrade  
Banca examinadora: Marcos Doniseti Michelotto, Ricardo  
Antonio Polanczyk  
Bibliografia

1. Modelos não lineares. 2. Dispersão aérea. 3. *Arachis  
hypogaea*. 4. Teia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.42:633.368

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CAPACIDADE E MECANISMOS DE DISPERSÃO DO ÁCARO-VERMELHO-DO-AMENDOIM *Tetranychus ogmophalos* (ACARI: TETRANYCHIDAE)

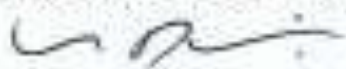
AUTOR: FABIANO APARECIDO DOS SANTOS

ORIENTADOR: DANIEL JUNIOR DE ANDRADE

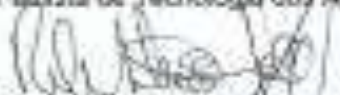
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:



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



Prof. Dr. MARCOS DONISETI MICHELOTTO  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Pindorama/SP



Prof. Dr. RICARDO ANTONIO BLANCZYK  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 02 de março de 2018.

“Não há nada bom nem mau a não ser estas duas coisas: a sabedoria que é um bem e a ignorância que é um mal.”

**Platão.**

**Dedico...**

À **Deus** pela existência.

Aos meus pais **Adauto Aparecido dos Santos** e **Maria Marlene Mariani dos Santos**, por todo o carinho e apoio dados durante toda a minha formação.

À minha namorada **Luciana Bedore** por ser essa pessoa maravilhosa que sempre me encorajou a seguir em frente.

**Epígrafe**

Mil cairão ao teu lado, e dez mil à tua direita,  
mas tu não serás atingido.

**Salmo 91.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade, pela orientação, apoio e acompanhamento durante todo o trabalho.

Ao Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim, pelas sugestões e acompanhamento das análises estatísticas.

À todo o corpo docente do Programa de Pós Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) - PPG-EA, pelo empenho e dedicação em transmitir o conhecimento aos seus alunos.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal e ao Programa de PPG-EA pela realização do curso em Engenharia Agrônômica, bem como pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

Aos professores, Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho e Profa. Dra. Nilza Maria Martinelli pela participação e pelas valiosas sugestões durante o meu Exame Geral de Qualificação de Mestrado.

Aos colegas Dionisio Figueiredo, Gilson Leite e Wanderlei Dibelli pelo apoio durante a condução dos experimentos.

À Secretária do Departamento de Fitossanidade, Cibele da Silva Anton por toda ajuda prestada a todos da UNESP/FCAV.

À todos os colegas pós-graduandos do PPG-EA, especialmente à Cirano Cruz Melville, Ingrid Amaral, Jaqueline Della Vechia, Matheus Rovere de Moraes, Patrice Jacob Savi e Yoandry Rodríguez Rivero pela amizade, companheirismo e auxílio durante a condução dos trabalhos.

À todos que participaram direta ou indiretamente dessa trajetória eu deixo o meu mais sincero agradecimento.

**Muito Obrigado.**



## Sumário

CAPACIDADE E MECANISMOS DE DISPERSÃO DO ÁCARO-VERMELHO-DO-AMENDOIM, <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE).....	iii
RESUMO .....	iii
CAPACITY AND MECHANISMS OF DISPERSION OF PEANUT RED MITE <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE).....	iv
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
<b>CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>1</b>
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2.REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1. A cultura do amendoineiro e sua importância econômica .....	3
2.2 Ácaros como pragas agrícolas.....	4
2.3 <i>Tetranychus ogmophallos</i> na cultura do amendoim .....	5
2.4 Dispersão de ácaros fitófagos .....	6
<b>3.REFERÊNCIAS.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2 - DISPERSÃO AÉREA DO ÁCARO <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE) EM PLANTAS DE AMENDOIM .....</b>	<b>12</b>
RESUMO .....	12
<b>CHAPTER 2 - AERIAL DISPERSION OF <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE) IN PEANUT PLANT .....</b>	<b>13</b>
ABSTRACT.....	13
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
2.1. Criação de <i>Tetranychus ogmophallos</i> .....	16
2.2. Correntes de ar x <i>Tetranychus ogmophallos</i> .....	16
2.3. Análise dos dados .....	19
<b>3.RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>4.DISSCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5.CONCLUSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>6.REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>CAPITULO 3 – FORMAÇÃO DE TEIA DO ÁCARO <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE) EM PLANTAS DE AMENDOIM .....</b>	<b>34</b>
RESUMO .....	34

<b>CHAPTER 3 – SILK FORMATION OF MITE <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE) IN PEANUT PLANT</b> .....	35
<b>ABSTRACT -</b> .....	35
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	36
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	38
2.1. Criação de ácaros .....	38
2.2. Infestações de plantas.....	38
2.3. Crescimento dos agregados de teia.....	39
2.4. Conteúdo dos agregados de teia.....	40
2.5. Análise de dados .....	41
<b>3. RESULTADOS</b> .....	42
3.1. Fluxo de ácaros para a extremidade da estaca.....	42
3.2. Formação dos aglomerados de teia.....	43
3.3. Conteúdo dos aglomerados de teia.....	44
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	45
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	48
<b>CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	50

## **CAPACIDADE E MECANISMOS DE DISPERSÃO DO ÁCARO-VERMELHO-DO-AMENDOIM, *Tetranychus ogmophallos* (ACARI: TETRANYCHIDAE)**

**RESUMO** – O cultivo do amendoim está sujeito a vários estresses por fatores seja de natureza biótica ou abiótica. Entre os fatores bióticos que afetam o desenvolvimento das plantas, destacam-se a ocorrência de pragas e doenças que limitam a produtividade da cultura. O ácaro *Tetranychus ogmophallos* é uma praga emergente que vêm causando prejuízos aos produtores de amendoim nas safras de 2008/09 até 2017/18. Até a realização desta pesquisa pouco se sabia sobre o potencial e capacidade de dispersão desta espécie de ácaro. Compreender os mecanismos de dispersão de um organismo praga é fundamental para estabelecimento de estratégias de controle. Portanto, o objetivo principal dos trabalhos foi estudar os mecanismos de dispersão de *T. ogmophallos* na cultura do amendoim. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Acarologia do Departamento de Fitossanidade da Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (UNESP/FCAV). Para avaliar a dispersão de *T. ogmophallos* pelo vento foram realizados dois experimentos com níveis de infestação diferentes, 500 e 1.000 indivíduos por planta. A dispersão foi avaliada submetendo-se os ácaros a velocidades de vento (vv) de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 km.h<sup>-1</sup>. O número de ácaros capturados foi avaliado para cálculo da distância média de deslocamento e a porcentagem de ácaros deslocados. A porcentagem de ácaros deslocados (AD%) foi estimada em função de vv a partir de quatro modelos não lineares. Os resultados indicaram que AD% depende de vv existindo uma velocidade a qual o deslocamento é maximizado. Também concluímos que o modelo de Shepherd (1982) é o que melhor se ajusta aos fatores relacionados a dispersão de *T. ogmophallos*. Um último experimento foi realizado para avaliar a ação da teia sobre a dispersão de *T. ogmophallos*. Nesse experimento foram utilizadas plantas jovens com duas folhas cada, cultivadas em vasos de 10 litros. Uma estaca de madeira foi utilizada para conduzir as plantas, amarrando-as com uma fita de plástico. Um pedaço de papel milimetrado foi fixado próximo à extremidade superior da estaca com a finalidade de calibrar o software utilizado para dimensionar a formação de teia (Image J<sup>®</sup>). Em cada planta foram transferidas quarenta fêmeas adultas utilizando um pincel de uma única cerda. Assim que os ácaros iniciaram a formação de teias na extremidade da estaca, estas foram fotografadas diariamente com o uso de uma câmera fotográfica Nikon Coolpix P510 até a remoção dos aglomerados de teia (*collective silk balls*). As imagens foram submetidas ao software Image J<sup>®</sup> para avaliar o perímetro e o volume dos aglomerados de teia. Os aglomerados de teia foram retirados das estacas e transferidas para placas de Petri. Após a transferência foi quantificado o número de ácaros das camadas internas e externas dos aglomerados. No estudo dos aglomerados de teia concluímos que há a necessidade de um número mínimo de ácaros que caminham sobre a estaca para a formação dos aglomerados. Também concluímos que a formação dos aglomerados fornece risco de mortalidade aos ácaros, entretanto, garante que seja feita uma dispersão em um número relativamente grande de indivíduos.

**Palavras-chave:** Modelos não lineares, dispersão aérea, *Arachis hypogaea*, teia.

## **CAPACITY AND MECHANISMS OF DISPERSION OF PEANUT RED MITE *Tetranychus ogmophallos* (ACARI: TETRANYCHIDAE)**

**ABSTRACT** - Peanut crop is subject to several stresses by factors of a biotic or abiotic nature. Among the biotic factors that affect the development of plants, we highlight the occurrence of pests and diseases that limit the productivity of the crop. The mite *Tetranychus ogmophallos* is an emerging pest that has been causing losses to peanut farmers in the 2008/09 crop season until 2017/18. Until the realization of this research little was known about the potential and dispersion capacity of this species of mite. Understanding the mechanisms of dispersion of a pest organism is critical for the establishment of control strategies. Therefore, the main objective of the work was to study the mechanisms of dispersion of *T. ogmophallos* in the peanut crop. The experiments were conducted at the Laboratory of Acarology of the Department of Plant Protection of the São Paulo State University (UNESP), School of Agricultural and Veterinarian Sciences, Jaboticabal. To evaluate the dispersion of *T. ogmophallos* by wind two experiments were carried out with different infestation levels, 500 and 1,000 individuals per plant. The dispersion was evaluated by subjecting the mites at wind speeds (ws) of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 km.h<sup>-1</sup>. The number of mites captured was evaluated for the calculation of mean displacement distance and the percentage of displaced mites. The percentage of displaced mites (AD%) was estimated as a function of ws from four non-linear models. The results indicated that AD% depends on ws for a velocity at which displacement is maximized. We also conclude that the Shepherd (1982) model best fits factors related to the dispersion of *T. ogmophallos*. Another experiment was carried out to evaluate the action of the web on the dispersion of *T. ogmophallos*. In this experiment were used young plants with two leaves each, grown in 10 liter pots. A wooden stake was used to drive the plants, tying them with a plastic tape. A piece of graph paper was attached near the top edge of the stake for the purpose of calibrating the software used to size the web (Image J<sup>®</sup>). In each plant forty adult females were transferred using a single bristle brush. As the mites began to form webs at the edge of the stake, they were photographed daily with the use of a Nikon Coolpix P510 camera until the removal of the collective silk balls. The images were submitted to Image J<sup>®</sup> software to evaluate the perimeter and volume of collective silk balls. The collective silk balls were removed from the cuttings and transferred to Petri dishes. After the transfer was quantified the number of mites of the internal and external layers of the collective silk balls. In the study of collective silk balls, we concluded that there is a need for a minimum number of mites that walk on the stake for the formation of collective silk balls. We also conclude that formation provides a risk of mortality to mites, however, it ensures dispersal in a relatively large number of individuals.

**Keywords:** Nonlinear models, airborne dispersion, *Arachis hypogaea*, silk.

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
CAPÍTULO 2 - DISPERSÃO AÉREA DO ÁCARO <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE) EM PLANTAS DE AMENDOIM.....	12
Tabela 1. Distância média e porcentagem de ácaros deslocados dos experimentos com infestações de 500 e 1.000 ácaros submetidos a ventos de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 km h <sup>-1</sup> .....	21
Tabela 2. Parâmetros obtidos na análise de regressão não linear quanto a dispersão do ácaro <i>Tetranychus ogmophallos</i> para os modelos de Holliday (1960), Bleasdale & Nelder (1960), Ricker (1954) e Shepherd (1982) .....	23
Tabela 3. Teste de Akaike corrigido (AICc) para os modelos testados nos experimentos com infestação de 500 e 1.000 ácaros por planta.....	26

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
CAPÍTULO 2 - DISPERSÃO AÉREA DO ÁCARO <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE) EM PLANTAS DE AMENDOIM.....	12
Figura 1. Túnel de vento utilizado para a estudo da influência de correntes de ar na dispersão de <i>Tetranychus ogmophallos</i> (adaptado de GAMLIEL-ATINSKY et al.,2009) .....	17
Figura 2. A) túnel de vento; B) discos de zinco posicionados à frente do ventilador; C) planta posicionada na entrada do túnel de vento e ventilador durante o experimento; D) anemômetro utilizado para ajustar a velocidade do vento.....	18
Figura 3. Curva de distribuição dos ácaros deslocados pelo vento para os modelos de Holliday (1960), Bleasdale e Nelder (1960), Ricker (1954) e Shepherd (19825) .....	25
CAPITULO 3 – FORMAÇÃO DE TEIA DO ÁCARO <i>Tetranychus ogmophallos</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE) EM PLANTAS DE AMENDOIM.....	34
Figura 1. A) Papel milimetrado colado 1cm abaixo do topo da estaca; B) plantas preparadas para a infestação; C) planta presa na estaca de madeira; D) Início da formação dos aglomerados.....	40
Figura 2. Evolução do fluxo acumulado de ácaros em função do temp. Os parâmetros da curva são: $\alpha = 1,067$ ; $\beta = 0,0759$ ; $r^2 = 0,99$ . ( $y = 1,067x + 0,0759$ ; soma do quadrado do erro – SQE = 0,06; $p < 0,01$ ).....	42
Figura 3. Proporção de repetições com emergência de aglomerados (y) em razão do fluxo acumulado de ácaros (x). ( $\beta_0 = 3,97$ ; $\beta_1 = 1,03$ ) .....	43
Figura 4. Relação do volume final dos aglomerados com o número de ácaros (N = 40); $y = 0,1746x + 2,0727$ ; $R^2 = 0,71$ .....	44

## CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1. INTRODUÇÃO

É conhecido como dispersão o conjunto de processos que possibilitam a fixação de indivíduos de uma espécie em um local diferente daquele onde nasceram. A capacidade de dispersão de um determinado organismo é considerada fator chave para a sua sobrevivência. Essa habilidade de movimentação para dentro e fora de um habitat garante que indivíduos de uma determinada espécie abandonem o ambiente quando este torna-se inadequado para seu desenvolvimento e reprodução (WALTER; PROCTOR, 2013; AZANDÉMÈ-HOUNMALON et al., 2014).

Os seres vivos procuram novas áreas quando há competição por espaço e alimento devido à elevada na densidade populacional. Esses organismos evoluíram e se adaptaram para aproveitar formas de energia cinética que ocorrem no ambiente garantindo a sua sobrevivência. Ácaros *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae) vivem em colônias com grande número de indivíduos, sendo necessária a migração constante dada a escassez de alimento. Por outro lado, a dispersão também pode ocorrer quando há competição com outros organismos ou pela presença de predadores (KRANTZ; WALTER, 2009).

Os mecanismos de dispersão de podem variar entre as espécies, estágios do ciclo de vida, bem como devido à fatores ligados ao ambiente (DUNNING et al., 1995). Ácaros tetraniquídeos podem se dispersar de forma ativa, através do seu próprio caminhar (HUSSEY; PARR, 1963; ALVES; CASARIN; OMOTO, 2005), por forese (transporte por outros organismos) (YANO, 2004) ou por dispersão aérea através das correntes de ar (OSAKABE et al., 2008).

Neste contexto, um fator importante relacionado à dispersão aérea dos tetraniquídeos é a produção de teia (BELL et al., 2005). Para o ácaro *T. ogmophallos* ocorre um deslocamento coletivo quando há um alto índice populacional promovendo o esgotamento de alimento. Este tipo de dispersão é chamado de “balonismo” (“ballooning”) que é comumente realizado pelos ácaros fêmeas que se apoiam nos

pares de pernas posteriores e levantam a parte anterior do corpo deixando-se levar pelo vento. Fêmeas de algumas espécies de tetraniquídeos ficam penduradas por fios de seda por elas produzidos, até que o vento atinja velocidade para que o fio de seda arrebente (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

A dispersão de *T. ogmophallos*, assim como de vários outros tetraniquídeos, pode variar amplamente para diferentes espécies de plantas hospedeiras (AZANDÉMÈ-HOUNMALON et al., 2014). Além disso, muitos outros fatores podem influenciar na dispersão como por exemplo, a superfície foliar, a disponibilidade e a qualidade de alimento, a exploração da folha, a presença de predadores, a densidade populacional, a temperatura, a luz e a umidade (OSAKABE et al., 2008).

O estudo da dispersão de ácaros que ocorrem em plantas cultivadas é um fator de grande importância para a definição de probabilidade que melhor descreva a ocorrência desses artrópodes (COSTA, 2009). Além da ocorrência, a dispersão pode ser um fator capaz de influenciar a evolução de resistência a produtos fitossanitários através da migração de populações já resistentes (FRAGOSO; GUEDES; LADEIRA, 2003). Por conta disso, estudos que descrevem o comportamento migratório de ácaros fitófagos é fundamental para o desenvolvimento de análises estatísticas adequadas, para a definição de estratégias que proporcionem um manejo adequado e eficiente. (BARBOSA; PERECIN, 1984).

Verifica-se que há falta de conhecimentos básicos relacionados ao comportamento, modelos de ocorrência, distribuição e dispersão do ácaro *T. ogmophallos* o que dificulta o desenvolvimento de práticas de manejo. Em virtude disso, esse trabalho teve como objetivo estudar os mecanismos de dispersão de *T. ogmophallos* na cultura do amendoim.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A cultura do amendoim e sua importância econômica

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma leguminosa, pertencente à classe Dicotiledônea, incluída na ordem Fabales, família Fabaceae e no gênero *Arachis*. O amendoimzeiro uma planta herbácea, ereta ou prostrada, com ciclo anual indeterminado (GREGORY; KRAPOVICKAS; GREGORY, 1980). O amendoim é nativo da América do Sul, sendo atualmente uma das oleaginosas mais cultivadas em todo o mundo (MARTINS, 2013).

Das mais de 80 espécies nativas de vários países da América do Sul que compõem o gênero *Arachis*, apenas 3 são de grande importância agrícola, *A. hypogaea*, *Arachis prostrata* Benth e *Arachis nhambiquarae* Hoehne (VEIGA et al., 2001). Todavia, a espécie *A. hypogaea* é a que possui maior interesse econômico.

Além da classificação botânica há uma nomenclatura agrônômica que divide os cultivares em três grupos de acordo com as características morfológicas (SHOLAR; MOZINGO; BEASLEY JR., 1995). Os grupos são classificados como, Valência, Virgínia e Spanish, que se diferenciam pelo hábito de crescimento, tipo de ramificação, duração do ciclo, número de vagens por planta e número de sementes por vagem. No Brasil, são mais utilizados os cultivares dos grupos Valência e Virgínia (GODOY et al., 2005; NOGUEIRA et al., 2013).

O amendoim é a quarta oleaginosa mais cultivada no mundo (ALMEIDA et al., 2015), sendo utilizado para produção de grãos, óleo e farelo (FERRARI-NETO; COSTA; CASTRO, 2012). Além disso, o amendoim também é considerado a segunda leguminosa em importância no mundo por ser uma excelente fonte de proteína vegetal e de óleo (NAKAGAWA; ROSOLEM, 2011). O alto teor de óleo nas sementes de amendoim também promove grande interesse como fonte de matéria prima para a produção de biodiesel (GONÇALVES et al., 2004; NAKAGAWA; ROSOLÉM, 2011).

Para a safra de 2017/2018 a estimativa de produção mundial é de 44,3 milhões de toneladas, sendo os principais produtores a China (39%), Índia (15%), Estados

Unidos (8%) e Nigéria (7%). Neste cenário, o Brasil ocupa a décima terceira posição com 1% da produção mundial. Todavia, o Brasil aparece na quarta posição quanto à produtividade ( $3,5 \text{ t ha}^{-1}$ ), ficando atrás dos Estados Unidos, Nicarágua e China (USDA, 2017). Até o final da década de 1970 a produção em larga escala de amendoim era destinada para a fabricação de óleo comestível. Entretanto, houve uma forte expansão no mercado internacional da soja que provocou uma forte redução no volume de produção do amendoim, sendo que parte dessa produção foi destinada para a produção de doces (FÁVERO; GODOY; SUASSUNA, 2011).

A estimativa de produção brasileira para a safra de 2017/2018 é de aproximadamente 458 mil toneladas. Esta produção está concentrada no estado de São Paulo, responsável por mais de 90% da produção nacional. O cultivo de amendoim no estado de São Paulo é realizado principalmente em sucessão ou rotação em áreas de reformas de canaviais. No ano de 2017, o estado de São Paulo negociou mais de 18,4 milhões de sacas de 25 kg, gerando rendimento financeiro superior a R\$ 550 milhões (IEA, 2017).

## **2.2 Ácaros como pragas agrícolas**

Ácaros são pequenos invertebrados integrantes do filo Arthropoda, subfilo Chelicerata, classe Arachnida e subclasse Acari. Esses habitam os mais variados ambientes. A importância dos ácaros não está relacionada apenas aos danos que podem causar à agricultura, mas também por alguns aspectos positivos que podem oferecer como predadores de pragas agrícolas e auxiliar no processo de decomposição de materiais orgânicos (ROGGIA, 2007). A origem desses artrópodes é bastante discutida, sendo que há dúvidas se este grupo é resultante de um único ancestral comum (monofilético) ou de dois ancestrais com relações de parentesco distintas (difilético) (JEYAPRAKASH; HOY, 2009). Embora a biodiversidade dos ácaros seja elevada poucas espécies são consideradas sérias pragas agrícolas importantes. No entanto, algumas espécies são polífagas podendo infestar e causar prejuízos em diversos cultivos.

A família de ácaros denominada Tetranychidae é a mais importante em relação ao número de espécies que são pragas agrícolas. Ácaros desta família são encontrados em todas as plantas cultivadas (ROGGIA, 2007). Outras famílias que apresentam espécies que causam sérios danos às culturas são as famílias Tenuipalpidae, que temos como exemplo o ácaro-da-leprose dos citros, *Brevipalpus yothersi* Baker (Acari: Tenuipalpidae), a família Tarsonemidae, a qual pertence o ácaro-branco, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae), e a família Eryophyidae que são conhecidos como microácaros, assim como o ácaro-da-falsa-ferrugem-dos-citros *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae) (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Em relação à cultura do amendoim os principais ácaros-praga são pertencentes à família Tetranychidae (tetraniquídeos), com destaque para o ácaro-verde - *Mononychellus planki* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae), para o ácaro-vermelho-do-amendoim - *T. ogmophallos* e para o ácaro-rajado - *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) (ANDRADE; MELVILLE; MICHELOTTO, 2016).

### **2.3 *Tetranychus ogmophallos* na cultura do amendoim**

A espécie *T. ogmophallos* foi descrita sobre plantas de amendoim forrageiro *Arachis pintoi* em 1997. Essa espécie pode desenvolver-se sobre plantas de *Arachis hypogaea* L. e *Arachis prostrata* Benth (FERREIRA; FLECHTMANN, 1997). Estudos em laboratório mostraram que *T. ogmophallos* desenvolvem-se em plantas de feijão, *Phaseolus vulgaris* L. e de soja, *Glycine max* Merrill (BONATO et al., 2000). Entretanto, não há relatos à campo da ocorrência de *T. ogmophallos* em outras espécies de plantas não pertencentes ao gênero *Arachis*.

O ácaro *T. ogmophallos* forma colônias sobre as plantas com elevado número de indivíduos que ocupam ambos os lados das folhas causando clorose e queda prematura de folhas (FERREIRA; FLECHTMANN, 1997). Com o aumento populacional pode-se observar a formação de uma densa camada de teia que tem como funções a proteção da colônia contra chuva e de predadores, facilitar o encontro

entre machos e fêmeas, assim como tem papel muito importante na dispersão da espécie (BELL et al., 2005; YANO, 2008).

*Tetranychus ogmophallos* causa depreciação quantitativa e qualitativa na cultura do amendoim. Foi verificado por Lourenção et al. (2001) redução de até 76% na produtividade da cultura de amendoim em campos destinados à produção de sementes. As plantas quando infestadas nos primeiros estádios de desenvolvimento não resistem ao ataque do ácaro-vermelho-do-amendoim, e quando a infestação ocorre aos 90 dias após a emergência pode haver redução de até 85% da produtividade (MELVILLE et al., 2018).

## **2.4 Dispersão de ácaros fitófagos**

Qualquer movimento que um indivíduo realiza para um ambiente diferente daquele onde ele nasceu é considerado dispersão. A dispersão garante que os indivíduos de uma determinada população tenham a oportunidade de encontrar recursos disponíveis para o seu desenvolvimento e para sua reprodução (WALTER; PROCTOR, 2013).

Ácaros fitófagos, bem como outros organismos, procuram novas áreas quando há competição por espaço e por alimento devido a um grande aumento na densidade populacional. A dispersão para outras áreas também pode ocorrer quando há competição com outros ácaros fitófagos ou pela presença de predadores (KRANTZ; WALTER, 2009).

A dispersão pode ocorrer de forma voluntária (migração) ou involuntária. A dispersão involuntária ocorre quando partes de plantas infestadas são destacadas e levadas para outras áreas. O transporte de ácaros em material vegetal é facilitado devido ao seu tamanho diminuto e o seu hábito de ovipositar em locais abrigados. Já a dispersão voluntária ocorre quando o próprio ácaro recorre a estratégias para colonizar outras áreas (GALVÃO et al., 2012).

Comumente os ácaros utilizam o caminhar como forma de dispersão voluntária. Esta estratégia é adotada para colonizar outras partes da planta ou plantas

vizinhas. Há uma grande diferença na capacidade de dispersão por caminhamento entre as espécies de ácaros, sendo que algumas podem caminhar vários metros por dia e outras apenas alguns centímetros. Estudos demonstraram que ácaros do gênero *Brevipalpus* tem a capacidade de caminhar em torno de 7,3 cm.dia<sup>-1</sup>. A capacidade de dispersão por caminhamento de ácaros do gênero *Brevipalpus* é limitada quando comparada com os ácaros *T. urticae* e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) que podem caminhar 6 cm.h<sup>-1</sup> e 319 m.dia<sup>-1</sup>, respectivamente (ALVES; CASARIN; OMOTO, 2005).

Além do caminhamento os ácaros podem recorrer a fatores bióticos (forese) ou abióticos (vento e equipamentos agrícola) para se dispersar a longas distâncias. Muitas espécies de ácaros são encontradas sobre insetos, aves e pequenos mamíferos. Este tipo de dispersão é chamado de forese, sendo que, na maioria das vezes, é realizado por fêmeas adultas que são morfologicamente distintas de fêmeas que não realizam este tipo de dispersão (FLECHTMANN; SANTANA, 2007).

Quando há um grande aumento no índice populacional tornando a disponibilidade de alimento escassa, os ácaros obrigam-se a alcançar distancias maiores. Para isso algumas espécies de ácaros utilizam o vento para realizar a dispersão. Este tipo de dispersão é chamado de “balonismo” que é comumente realizado pelas fêmeas que se apoiam nos pares de pernas posteriores e levantam a parte anterior do corpo deixando-se levar pelo vento. Fêmeas de algumas espécies ficam suspensas por fios de seda por elas produzidas, até que o vento atinja velocidade para que o fio de seda rompa-se (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

### 3. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. J.; PANCELLI, M. A.; PRADO, R. M.; CAVALCANTE, V. S.; CRUZ, F. J. R. Effect of potassium on nutritional status and productivity of peanuts in succession with sugar cane. **Journal of soil science and plant nutrition**, Temuco, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2015.
- ALVES, E. B.; CASARIN, N. F. B.; OMOTO, C. Dispersal mechanisms of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus groves. **Neotropical Entomology**. Londrina, v. 34, n. 1, p. 89-96, 2005.
- ANDRADE, D. J.; MELVILLE, C. C.; MICHELOTTO, M. D. **Manual prático sobre ácaros do amendoim no Brasil**. Jaboticabal: Funep, 2016. p. 1-14.
- AZANDÁMÈ-HOUNMALON, G. Y.; FELLOUS, S.; KREITER, S.; FIABOE, K. K. M.; SUBRAMANIAN, S.; KUNGU, M.; MARTIN, T. Dispersal behavior of *Tetranychus evansi* and *T. urticae* on tomato at several spatial scales and densities: implications for Integrated Pest Management. **Plos One**, San Francisco, v.9, n.4, p. 1-8, 2014.
- BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Modelos probabilísticos para distribuições de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797), na cultura do milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 2, p. 181-191, 1984.
- BELL, J. R.; BOHAN, D. A.; SHAW, E. M.; WEYMAN, G. S. Ballooning dispersal using silk: world fauna, phylogenies, genetics and models. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 95, n. 2, p. 69-114, 2005.
- BONATO, O.; SANTAROSA, P. L.; RIBEIRO, G.; LUCCHINI, F. Suitability of three legumes for development of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae). **Florida Entomological Society**, Flórida, v.83, n.2, p.203-205, 2000.
- COSTA, M. G. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de ninfas e adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) na cultura de citros**. 2009. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2009.
- DUNNING, J. B. J.; STEWART, D. J.; DANIELSON, B. J.; NOON, B. R.; ROOT, T. L.; LAMBERSON, R. H.; STEVENS, E. E. Spatially explicit population models: current forms and future uses. **Ecological Applications**, Tempe, v. 5, n. 1, p. 3–11, 1995.
- FÁVERO, A. P.; GODOY, I. J.; SUASSUNA, T. M. F. Uso de espécies silvestres no pré-melhoramento do amendoim. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. F.; FALEIRO, F. G.; FOLLE, S. M.; GUIMARAES, E. P. (Ed.) **Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso**, Brasília: Embrapa, 2011, p. 266-291.

FERRARI-NETO, J.; COSTA, C. H. M.; CASTRO, G. S. A. Ecofisiologia do amendoim. **Scientia Agraria Paranaensis**, Acrelândia, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2012.

FERREIRA, D. N. M.; FLECHTMANN, C. H. W. Two new phytophagous mites (Acari: Tetranychidae, Eriophyidae) from *Arachis pintoii* from Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 2, [s.n], p.181-188. 1997.

FLECHTMANN, C. H. W.; SANTANA, D. L. Q. A. New deutergynous eriophyid mite (acari: eriophyidae) from a semideciduous tree in southern Brazil. **International Journal of Acarology**, Oak Park, v. 33, n. 2, p. 129-132, 2007.

FRAGOSO, D. B.; GUEDES, R. N. C.; LADEIRA, J.A. Seleção na evolução de resistência a organofosforados em *Leucoptera coffeella*(Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 329-334, 2003.

GALVÃO, A. S.; MELO, J. W. S.; MONTEIRO, V. B.; LIMA, D. B.; MORAIS, G. J. D.; GONDIM, M. G. C. Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p.1 -13, 2012.

GODOY, I. J.; MORAES, S. A.; ZANOTTO, M. D.; SANTOS, R. C. Melhoria do Amendoim. In: **Melhoramento de Plantas – Culturas Agrônômicas** 2.a Ed. (Borém, A., ed.), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

GONÇALVES, J. A.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. D. S.; PINTO, M. D. F. D. S.; SAMPAIO, H. S. D. V.; SAMPAIO, L. S. D. V.; DE ALMEIDA, N. S. Componentes de produção de amendoim em diferentes arranjos espaciais no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 801-812, 2004.

GREGORY, W. C.; KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, M. P. Structure, variation, evolution and classification in *Arachis*. **Advances in Legume Science**, London, 1980. p. 469-481.

HUSSEY, N. W.; PARR, W. J. Dispersal of the glasshouse red spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 6, n. 3, p. 207–214, 1963.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Banco de dados**. São Paulo: IEA, 2017. Disponível em: <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)>. Acesso em: 26 dez. 2017.

JEYAPRAKASH, A.; HOY, M. A. First divergence time estimate of spiders, scorpions, mites and ticks (subphylum: Chelicerata) inferred from mitochondrial phylogeny. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 47, n. 1, p. 1-18, 2009.

KRANTZ, G. W.; WALTER, D. E. **A Manual of Acarology**. 3. Ed. Lubbock: Tech University Press, 2009. p. 72-74.

LOURENÇÃO, A. L.; KASAI, F. S.; NÁVIA, D.; GODOY, I. J.; FLECHTMANN, C. H. W. Ocorrência de *Tetranychus ogmophallus* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae) em amendoim no estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 495-496, 2001.

MARTINS, R. Amendoim: o mercado brasileiro no período de 2000 a 2011. In: SANTOS, R. C. dos.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L.M. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2013. p. 19-43.

MELVILLE, C. C.; ANDRADE, S. C.; OLIVEIRA, N. T.; ANDRADE, D. J. Impact of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) on different phenological stages of peanuts. **Bragantia**, Campinas, Ahead of print, 2018.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, H. W. **Manual de Acarologia: Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto, Holos, 2008. p. 91, 107, 114, 145.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A. **O amendoim: tecnologia de produção**. Botucatu, FEPAF, 2011, p. 325.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; ALBUQUERQUE, M. B.; NASCIMENTO, H. H. C.; SANTOS, R. C. Ecofisiologia do Amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R.M.M.; LIMA, L.M. **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Embrapa Algodão, 2013, p.81-113.

OSAKABE, M. H.; ISOBE, H.; KASAI, A.; MASUDA, R.; KUBOTA, S.; UMEDA, M. Aerodynamic advantages of upside down take-off for aerial dispersal in *Tetranychus* spider mites. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 44, n. 3, p. 165–183, 2008.

ROGGIA, S. **Ácaros tetraníquídeos (prostigmata: tetranychidae) associados à soja no Rio Grande do Sul: ocorrência, identificação de espécies e efeito de cultivares e de planta daninhas**. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal de Santa Maria.

SHOLAR, J.; MOZINGO, R. W.; BEASLEY J. R. Peanut Cultural Practices. p. 354-382. In: **Advances in Peanut Science** (H. E. Pattee & H. T. Stalker ed.s), American Peanut Research and Education Society Inc., 1995.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Peanut area, yield and production**. 2017. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/>>. Acesso em: 26 de dez. 2017.



VEIGA, R. F. A.; QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; VALLS, J. F. M.; FÁVERO, A. P.; BARBOSA, W. Caracterização morfológica de acesos de germoplasma de quatro espécies brasileiras de Amendoim-silvestre. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 167-176, 2001.

WALTER, D. E.; PROCTOR, H. C. **Mites: Ecology, Evolution and Behaviour**. 2. Ed. New York: Springer, 2013. p. 59.

YANO, S. Does *Tetranychus urticae* (Acari: tetranychidae) use flying insects as vectors for phoretic dispersal? **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 32, n. 4, p. 243–248, 2004.

YANO, S. Collective and solitary behaviors of twospotted spider mite (acari: tetranychidae) are induced by trail following. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 101, n. 1, p. 247-252, 2008.

## **CAPÍTULO 2 - DISPERSÃO AÉREA DO ÁCARO *Tetranychus ogmophallos* (ACARI: TETRANYCHIDAE) EM PLANTAS DE AMENDOIM**

**RESUMO** – No Brasil, o ácaro *Tetranychus ogmophallos* é responsável por grandes perdas na produtividade do amendoim. A sua capacidade de dispersão é um dos fatores que permite que este ácaro cause danos severos. Para estabelecer estratégias eficientes no controle de pragas é necessário que se entenda a biologia e o comportamento dos organismos que causam injúrias as plantas. O presente trabalho teve como objetivo estudar a dispersão aérea e a influência da densidade populacional na dispersão de *T. ogmophallos* por meio de modelos matemáticos. Para avaliar a dispersão de *T. ogmophallos* pelo vento foram realizados dois experimentos com níveis de infestação diferentes, 500 e 1.000 indivíduos por planta. As plantas infestadas foram submetidas a um túnel de vento. A dispersão foi avaliada submetendo os ácaros a velocidade de vento (vv) de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 km h<sup>-1</sup>. O número de ácaro capturados foi avaliado com o auxílio de lupa para então ser calculado a distância média de deslocamento e a porcentagem de ácaros deslocados das plantas. A porcentagem de ácaros deslocados (AD%) foram estimados em função de vv a partir de quatro modelos não lineares. Os resultados indicam que AD% depende de vv existindo uma velocidade a qual o deslocamento é maximizado. Os resultados indicaram que AD% depende de vv existindo uma velocidade a qual o deslocamento é maximizado. Também concluímos que o modelo de Shepherd (1982) é o que melhor se ajusta aos fatores relacionados a dispersão de *T. ogmophallos*.

**Palavras-chave:** Modelos não lineares, dispersão aérea, *Arachis hypogaea*, teia.

## CHAPTER 2 - AERIAL DISPERSION OF *Tetranychus ogmophallos* (ACARI: TETRANYCHIDAE) IN PEANUT PLANT

**ABSTRACT** - In Brazil, the mite *Tetranychus ogmophallos* is responsible for large losses in peanut yield. Its dispersion capacity is one of the factors that allow this mite to cause such severe damage. In order to establish efficient strategies for pest control, it is necessary to understand the biology and behavior of organisms that cause plant damage. The present work had as objective to study aerial dispersion and the influence of population density on the dispersion of *T. ogmophallos* by means of mathematical models. To evaluate the dispersion of *T. ogmophallos* by wind, two experiments were carried out with different infestation levels, 500 and 1,000 individuals per plant. The infested plants were subjected to a "wind tunnel". The dispersion was evaluated by subjecting the mites at wind speed (ws) of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 km h<sup>-1</sup>. The number of mites captured was evaluated using a magnifying glass to calculate the mean distance of displacement and the percentage of mites displaced from the plants. The percentage of displaced mites (AD%) were estimated as a function of ws from four non-linear models. The results indicate that AD% depends on ws having a velocity at which the displacement is maximized. The results indicated that AD% depends on ws for a velocity at which displacement is maximized. We also conclude that the Shepherd (1982) model best fits factors related to the dispersion of *T. ogmophallos*.

**Keywords:** Nonlinear models, aerial dispersion, *Arachis hypogaea*, web.

## 1. INTRODUÇÃO

A capacidade de dispersão é considerada um fator chave para sucesso na sobrevivência de qualquer espécie e determina sua distribuição, dinâmica populacional e estrutura genética (BOWLER; BENTON, 2005; CLOTUCHE et al., 2013). Entre os ácaros plantícolas, a dispersão aérea é bastante comum, entretanto são conhecidos mecanismos específicos de dispersão como a forese e a dispersão coletiva com formação de “bolas” de teias (*collective silk balls*), conhecido popularmente como “balonismo” (SMITLEY; KENNEDY, 1985; WAITE, 1999; SOROKER et al., 2003; MORAIS; FLECHTMANN, 2008; CLOTUCHE et al., 2013).

O comportamento de dispersão aérea para espécies de tetraníquideos é uma das principais formas para atingir novos ambientes e aumentar os recursos alimentares (BOYKIN; CAMPBELL 1984; LI; MARGOLIES, 1994; OSAKABE et al., 2008). Este comportamento parece ser complexo para artrópodes desprovidos de asas e estudos sugerem que estes organismos podem ser atraídos por correntes de ar (OSAKABE et al., 2008), variar em função da idade e sexo dos ácaros (LI; MARGOLIES, 1993) e nem sempre está ligado a escassez de alimento (LI; MARGOLIES, 1993; AZANDÉMÈ-HOUNMALON et al.; 2014). Entre os tetraníquideos, a dispersão aérea foi melhor estudada para a espécie *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (BRANDENBURG; KENNEDY, 1982; SMITLEY; KENNEDY, 1985; MARGOLIES; KENNEDY, 1988; LI; MARGOLIES, 1993; OSAKABE et al., 2008).

Estudos evidenciaram que tetraníquideos se dispersam no ambiente mesmo com densidade populacional relativamente baixa e sem danos visíveis as plantas (LAWSON et al., 1996). A qualidade do hospedeiro pode não ser o fator de maior importância que leva ao comportamento de dispersão dos ácaros, pois sabe-se que algumas espécies podem direcionar uma parcela de sua população para a dispersão, mesmo estando com baixa densidade populacional, como é o caso do ácaro *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) na cultura da maçã (LAWSON; NYROP; DENNEHY, 1996).

Entre os ácaros tetraniquídeos que infestam plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em áreas comerciais destaca-se o ácaro-vermelho-do-amendoim *Tetranychus ogmophallos* Ferreira & Flechtmann (Acari: Tetranychidae) (LOURENÇÃO et al., 2001; ANDRADE; MELVILLE; MICHELOTTO, 2016). Devido a sua alimentação esta espécie pode causar a morte de plantas em decorrência da necrose e queda acentuada de folhas (MELVILLE et al., 2018). O ácaro-vermelho também causa danos severos em plantas de amendoim forrageiro *Arachis pintoi* (Krap. & Greg.), planta utilizada na alimentação animal e como ornamental (FERREIRA; FLECHTMANN, 1997; BONATO, 2000).

Acredita-se que os danos causados por *T. ogmophallos* à cultura do amendoim estão diretamente ligados à sua capacidade de dispersão. Esta espécie forma colônias com milhões de ácaros e dispersa-se principalmente pelo vento ou por meio de mecanismos coletivos (“balonismo” ou *collective silk balls*) auxiliados pela grande quantidade de teia produzida pela colônia (LE GOFF et al., 2012; ANDRADE; MELVILLE; MICHELOTTO, 2016).

No Brasil, a cultura do amendoim é cultivada principalmente no estado de São Paulo em rotação com a cultura da cana-de-açúcar *Saccharum* spp. L. (ALMEIDA et al., 2015). Nestas áreas, em condições favoráveis *T. ogmophallos* se dispersa rapidamente, podendo ocupar grandes áreas devido ao seu rápido desenvolvimento e alta fecundidade que são de 14 dias de ovo a adulto e 60 ovos por fêmea, respectivamente (BONATO et al., 2000). Em razão da rápida dispersão de *T. ogmophallos* os agricultores utilizam basicamente agrotóxicos para rápido controle das populações deste ácaro, resultando em contaminações do meio ambiente (FERREIRA; FLECHTMANN, 1997; SANTOS, 2016).

Entender os mecanismos de dispersão de artrópodes praga é um dos primeiros passos para o aprimoramento das estratégias de controle (JEGER, 1999). Entretanto, até a realização da presente pesquisa os mecanismos de dispersão aérea do ácaro *T. ogmophallos* nunca haviam sido estudados, tampouco se conhecia a influência real de correntes de ar e da densidade populacional sobre este comportamento. Portanto, o objetivo do trabalho foi estudar por meio de modelos matemáticos a dispersão aérea de *T. ogmophallos* em plantas de amendoim.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Criação de *Tetranychus ogmophallos***

Uma criação de *T. ogmophallos* foi iniciada a partir de ácaros coletados em plantas de amendoim forrageiro *A. pintoii* localizadas em área urbana na cidade de Jaboticabal - SP. Espécimes (machos e fêmeas adultos) foram montados em lâminas de microscopia contendo meio de Hoyer para identificação da espécie sob microscópio com contraste de fase.

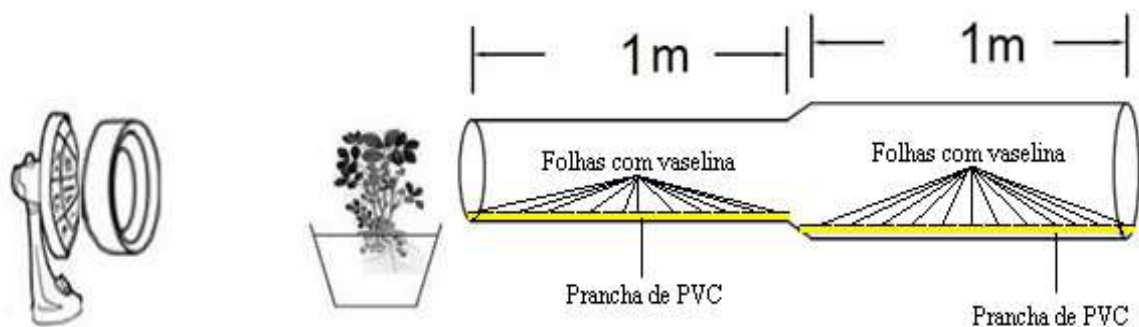
Os ácaros foram transferidos para plantas de amendoim, *A. hypogaea* cv. granoleico, cultivadas em vasos com volume de 10 litros contendo como substrato solo, areia e esterco bovino na proporção de 1:1:1. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação. As plantas foram substituídas por plantas novas sempre que necessário e os ácaros migraram para as plantas novas encostando-se as plantas. As plantas de amendoim foram irrigadas sempre que necessário durante todo o seu desenvolvimento.

### **2.2. Correntes de ar x *Tetranychus ogmophallos***

Este estudo foi realizado em laboratório pertencente ao Departamento de Fitossanidade da Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal (UNESP/FCAV) no período de agosto a novembro de 2016. Foram utilizadas plantas de amendoim de aproximadamente 25 cm de altura cultivadas em vasos de 10 litros contendo substrato composto por solo, areia e esterco bovino na proporção de 1:1:1.

Aproximadamente 50 dias após a semeadura das plantas, foram realizados dois experimentos. Em um experimento, cada planta foi infestada com 500 fêmeas adultas e o segundo experimento foi realizado com infestação de 1.000 fêmeas adultas por planta. Um dia após a infestação as plantas foram submetidas a um túnel

de vento (adaptado de GAMLIEL-ATINSKY et al., 2009) (Figura 1). O equipamento foi composto por um tubo de 1,0 m de comprimento por 0,3 m de diâmetro acoplado a outro tubo de 1,0 m de comprimento por 0,4 m de diâmetro. No interior do tubo de maior diâmetro foi posicionada uma prancha de PVC de 20,0 cm de largura onde foram distribuídas folhas de encadernação transparente tamanho A4 revestidas com vaselina industrial. Na entrada do tubo de menor diâmetro foi posicionado um ventilador com três ajustes de velocidade. A distância entre o ventilador e planta foi ajustada para obtenção da velocidade de vento desejada. À frente do ventilador foram colocados discos de zinco de 400 e 300 mm de diâmetro (Figura 2B). Esses discos tiveram função de evitar turbulência pelo movimento da hélice do ventilador (Figura 2). O aumento no diâmetro do tubo que compõe o túnel de vento é necessário para redução na velocidade do vento nesse ponto. Essa redução na velocidade faz com que os ácaros arrastados pelo vento caiam sobre a vaselina. A velocidade do vento foi medida por um anemômetro digital na posição da planta (Figura 1).



**Figura 1.** Túnel de vento utilizado para a estudo da influência de correntes de ar na dispersão de *Tetranychus ogmophallos* (adaptado de GAMLIEL-ATINSKY et al., 2009).

Foram avaliadas 6 (seis) (5, 10, 15, 20, 25 e 30 km h<sup>-1</sup>) velocidades de corrente de ar quanto à retirada de ácaros das plantas, bem como a distância atingida por cada ácaro no interior do túnel de vento. As velocidades foram ajustadas com o uso de um anemômetro AD-250 (Figura 2D). Cada velocidade foi repetida 20 vezes. A infestação foi feita destacando folhas de plantas da criação infestadas pelos ácaros e as

transferindo para as plantas não infestadas após a contagem dos ácaros. O período de exposição ao vento para cada repetição foi de 10 minutos. Ao término de cada repetição, as folhas revestidas com vaselina industrial foram avaliadas quanto ao número de fêmeas adultas retidas na camada de vaselina e a distância em que elas foram projetadas pela corrente de ar.



**Figura 2.** A) túnel de vento; B) discos de zinco posicionados à frente do ventilador; C) planta posicionada na entrada do túnel de vento e ventilador durante o experimento; D) anemômetro utilizado para ajustar a velocidade do vento.



### 2.3. Análise dos dados

A distância média de deslocamento dos ácaros e a porcentagem de ácaros deslocados das plantas foram submetidas a análise de variância (ANOVA) pelo teste F, no caso de diferença significativa entre as velocidades do vento as médias foram comparadas pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Os dados obtidos no experimento de dispersão pelo vento foram avaliados por regressão não linear simples com o teste de 4 modelos matemáticos. Os modelos matemáticos testados foram:

HOLLIDAY (1960):

$$y = \frac{x}{\alpha + \beta + \gamma x^2} \quad (1)$$

BLEASDALE E NELDER (1960):

$$y = X(\alpha + \beta x^\theta)^{-1/\theta} \quad (2)$$

RICKER (1954):

$$y = \alpha x e^{-x/\gamma} \quad (3)$$

SHEPHERD (1982):

$$y = \frac{\alpha x}{1 + (x/\gamma)^\eta} \quad (4)$$

sendo que  $y$  é a porcentagem de ácaros deslocados (%),  $\alpha$  é o valor máximo de  $y$  (%),  $\beta$  é o valor mínimo de  $y$  quando  $x$  for igual a zero (%),  $\gamma$  é a taxa média de crescimento (% de ácaros deslocados  $\text{cm}^{-1}$ ),  $\theta$  é a taxa de crescimento inicial (% de ácaros

deslocados  $\text{cm}^{-1}$ ),  $\theta$  é o parâmetro de forma (se  $\theta \rightarrow -\infty$  ou  $+\infty$  configura-se modelo linear; se  $\theta \approx 0$ , configura-se modelo assintótico) e  $\eta$  é um parâmetro de forma (se  $\eta = 0$  configura-se modelo linear, se  $\eta \rightarrow \pm 2$  configura-se modelo assintótico, se  $\eta > 2$  ou  $\eta < -2$  configura-se modelo gaussiano). Os parâmetros foram calibrados pela minimização do quadrado do erro, como proposto por GUJARATI; PORTER (2011). Os modelos foram testados como o uso da função solver do software Microsoft Office Excel 2016.

Para avaliação da acurácia foi calculada a raiz do erro quadrático médio (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_{obs_i} - y_{est_i})^2}{N}}$$

em que  $y_{obs}$  é a variável observada,  $y_{est}$  é a variável estimada e  $N$  é o número de observações.

Os modelos foram comparados pela razão de verossimilhança (Teste de Akaike corrigido (AICc)) (HURVICH; TSAI, 1993):

$$AICc = N \cdot \ln(SQE/N) + 2 \cdot G + \left( \frac{2 \cdot G \cdot (G + 1)}{N - G - 1} \right)$$

em que  $N$  é o número de observações,  $SQE$  é a soma do quadrado dos erros e  $G$  é o número de parâmetros de cada modelo testado.

### 3. RESULTADOS

A distância média em que os ácaros foram projetados pela ação das correntes de ar foi crescente com o aumento da velocidade do vento (Tabela 1). Notamos que para as velocidades de 5 e 10 km h<sup>-1</sup> Não houve diferença significativa quanto a distância média para o experimento em que a densidade foi de 500 ácaros por planta. O mesmo ocorreu para as velocidades de 25 e 30 km h<sup>-1</sup> (Tabela 1). Para o experimento com a densidade de 1.000 ácaros por planta, todas as velocidades avaliadas mostraram diferença significativa quanto a distância média de projeção. Ainda podemos observar que entre os experimentos (500 e 1.000 ácaros por planta) a distância média foi muito superior para o experimento com densidade de 1.000 ácaros por planta nas velocidades de 5 e 10 km h<sup>-1</sup>. A partir da velocidade de 15 km h<sup>-1</sup> a diferença da distância média entre os tratamentos passa a ser menor (Tabela 1).

**Tabela 1.** Distância média e porcentagem de ácaros deslocados dos experimentos com infestações de 500 e 1.000 ácaros submetidos a ventos de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 km h<sup>-1</sup>

Tratamentos	500 ácaros		1.000 Ácaros	
	Distância Média (cm)	Ácaros deslocados (%)	Distância Média (cm)	Ácaros deslocados (%)
5 km h <sup>-1</sup>	7,41 d	0,16 d	25,65 f	0,83 e
10 km h <sup>-1</sup>	26,25 d	1,96 cd	35,68 e	9,43 d
15 km h <sup>-1</sup>	56,41 c	5,87 c	50,31 d	10,36 d
20 km h <sup>-1</sup>	78,84 b	12,36 b	88,67 c	12,56 c
25 km h <sup>-1</sup>	110,33 a	17,28 b	104,98 b	16,68 b
30 km h <sup>-1</sup>	117,80 a	48,86 a	114,32 a	25,30 a
<b>Teste F</b>	79,02**	153,36**	972,06**	961,80**
<b>C.V. (%)</b>	12,65	30,29	1,94	6,17

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,01$ ). (\*\*) significativo a 1% de probabilidade; Coeficiente de Variação.

Quanto a porcentagem de ácaros deslocados das plantas observamos que houve um aumento gradativo de acordo com o aumento da velocidade das correntes de ar para ambos os experimentos (Tabela 1). Para as velocidades de 10 e 15 km h<sup>-1</sup> não houve diferença significativa entre os tratamentos para o experimento em que a densidade foi de 500 ácaros por planta. O mesmo ocorreu para as velocidades de 20 e 25 km h<sup>-1</sup>. Para o experimento com a densidade de 1.000 ácaros por planta as velocidades de 10 e 15 km h<sup>-1</sup> foram as únicas que não apresentaram diferença significativa quanto a porcentagem de ácaros deslocados das plantas (Tabela 1).

Os valores de  $\alpha$  (valor máximo de  $y$ , %) (Tabela 2) variaram de  $1,34 \cdot 10^{-5}$  a 17,91, em 5 km h<sup>-1</sup> e 30 km h<sup>-1</sup>, respectivamente. Isso indica que houve grande variação frente a velocidade do vento ( $v_v$ ). Os valores de  $\alpha$  foram crescentes à medida que houve aumento na  $v_v$  para todos os modelos. Para os modelos Ricker (1954) e Shepherd (1982) aparentemente os valores de  $\alpha$  são decrescentes, entretanto, isso ainda indica o um aumento no número de ácaros. Os valores de  $\alpha$  foram maiores para o experimento em que as plantas foram infestadas com 500 ácaros (Tabela 2).

Os valores de  $\beta$  (valor mínimo de  $y$  quando “ $x$ ” for igual a zero) teoricamente deveriam ser todos iguais a zero uma vez que não há dispersão quando a distância é igual a zero. Entretanto, para os modelos de Holliday (1960) e Bleasdale e Nelder (1960) houveram casos em que foram registrados valores diferentes de zero ainda que muito pequenos (Tabela 2). Pode-se inferir que esses valores de  $\beta$  indicam simplesmente uma otimização do ajuste matemático.

O parâmetro  $\gamma$  que indica a taxa de crescimento (% de ácaros deslocados cm<sup>-1</sup>) obteve valores crescentes para os modelos de Ricker (1954) e Shepherd (1982), em ambos os níveis de infestação (500 e 1000 ácaros). Isso mostra que não houve picos tão elevados para os tratamentos em que a velocidade do vento foi maior. O mesmo foi observado para o modelo de Bleasdale e Nelder (1960) no experimento em que a infestação foi de 1.000 ácaros por planta. Para esse modelo o parâmetro  $\delta$  indica a taxa de crescimento (Tabela 2).

A proximidade entre os valores obtidos experimentalmente e os valores estimados pelos modelos foi calculada pela raiz do erro quadrático médio (RMSE). O RMSE variou de 0,42 a 9,23 % de ácaros deslocados das plantas. A precisão dos modelos pode ser observada nos valores de  $R^2$  que variaram de 0,11 a 0,99. O modelo

**Tabela 2.** Parâmetros obtidos na análise de regressão não linear quanto a dispersão do ácaro *Tetranychus ogmophallos* para os modelos de Holliday (1960), Bleasdale & Nelder (1960), Ricker (1954) e Shepherd (1982).

Exp.	Modelos	Trat.	Parâmetros				RMSE	R <sup>2</sup>
			$\alpha$	$\beta$	$\gamma$			
500 Ácaros	Holliday (1960)	5 km h <sup>-1</sup>	0,07	0,14.10 <sup>-3</sup>	1,50.10 <sup>-3</sup>		9,23	0,54
		10 km h <sup>-1</sup>	0,16	0,00	2,36.10 <sup>-3</sup>		3,46	0,71
		15 km h <sup>-1</sup>	0,18	0,00	2,67.10 <sup>-3</sup>		1,83	0,87
		20 km h <sup>-1</sup>	0,83	2,50.10 <sup>-2</sup>	1,86.10 <sup>-3</sup>		1,48	0,65
		25 km h <sup>-1</sup>	2,82	0,00	1,67.10 <sup>-3</sup>		1,26	0,47
		30 km h <sup>-1</sup>	17,91	0,28	2,40.10 <sup>-3</sup>		0,91	0,79
1.000 Ácaros	Holliday (1960)	5 km h <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		RMSE	R <sup>2</sup>
		10 km h <sup>-1</sup>	0,05	0,00	2,57.10 <sup>-3</sup>		3,49	0,78
		15 km h <sup>-1</sup>	0,27	0,00	2,25.10 <sup>-3</sup>		2,98	0,70
		20 km h <sup>-1</sup>	0,71	0,00	1,99.10 <sup>-3</sup>		3,16	0,46
		25 km h <sup>-1</sup>	4,89	0,00	1,18.10 <sup>-3</sup>		1,83	0,15
		30 km h <sup>-1</sup>	3,25	0,00	1,33.10 <sup>-3</sup>		2,59	0,11
500 Ácaros	Bleasdale e Nelder (1960)	5 km h <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\beta$	$\varnothing$	$\theta$	RMSE	R <sup>2</sup>
		10 km h <sup>-1</sup>	0,41	2,24.10 <sup>-6</sup>	3,89	0,60	3,80	0,89
		15 km h <sup>-1</sup>	0,41	2,24.10 <sup>-6</sup>	3,89	1,20	1,66	0,95
		20 km h <sup>-1</sup>	0,76	0,03	0,73	0,12	1,05	0,96
		25 km h <sup>-1</sup>	0,99	2,38.10 <sup>-3</sup>	0,52	0,01	1,32	0,72
		30 km h <sup>-1</sup>	13,21	6,71.10 <sup>-5</sup>	3,79	2,62	1,12	0,40
1.000 Ácaros	Bleasdale e Nelder (1960)	5 km h <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\beta$	$\varnothing$	$\theta$	RMSE	R <sup>2</sup>
		10 km h <sup>-1</sup>	0,97	2,39.10 <sup>-3</sup>	0,80	0,01	1,48	0,96
		15 km h <sup>-1</sup>	0,99	2,95.10 <sup>-4</sup>	1,036	0,01	0,42	0,99
		20 km h <sup>-1</sup>	1,01	2,53.10 <sup>-5</sup>	1,80	0,03	1,32	0,93
		25 km h <sup>-1</sup>	1,04	4,63.10 <sup>-9</sup>	3,09	0,02	1,14	0,77
		30 km h <sup>-1</sup>	1,03	1,00.10 <sup>-8</sup>	3,10	0,02	1,09	0,91
500 Ácaros	Ricker (1954)	5 km h <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\gamma$		RMSE	R <sup>2</sup>	
		10 km h <sup>-1</sup>	15,18	8,96		5,50	0,82	
		15 km h <sup>-1</sup>	4,59	15,03		1,04	0,98	
		20 km h <sup>-1</sup>	3,43	16,11		1,70	0,93	
		25 km h <sup>-1</sup>	0,60	40,90		1,62	0,72	
		30 km h <sup>-1</sup>	0,28	63,70		1,65	0,37	
1.000 Ácaros	Ricker (1954)	5 km h <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\gamma$		RMSE	R <sup>2</sup>	
		10 km h <sup>-1</sup>	6,21	13,03		1,63	0,97	
		15 km h <sup>-1</sup>	3,10	18,34		0,42	0,99	
		20 km h <sup>-1</sup>	1,47	27,08		1,70	0,89	
		25 km h <sup>-1</sup>	0,28	68,68		1,61	0,37	
		30 km h <sup>-1</sup>	0,27	63,70		2,43	0,46	
500 Ácaros	Shepherd (1982)	5 km h <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\gamma$	$\eta$	RMSE	R <sup>2</sup>	
		10 km h <sup>-1</sup>	4,37	20,31	18,31	1,40	0,99	
		15 km h <sup>-1</sup>	2,31	22,01	3,28	1,47	0,96	
		20 km h <sup>-1</sup>	2,82	15,44	2,51	1,25	0,95	
		25 km h <sup>-1</sup>	0,93	21,11	1,93	1,50	0,65	
		30 km h <sup>-1</sup>	0,50	25,99	1,62	1,21	0,40	
1.000 Ácaros	Shepherd (1982)	5 km h <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\gamma$	$\eta$	RMSE	R <sup>2</sup>	
		10 km h <sup>-1</sup>	0,10	128,64	4,23	0,84	0,81	
		15 km h <sup>-1</sup>	3,79	16,16	2,96	2,08	0,93	
		20 km h <sup>-1</sup>	1,68	25,30	3,17	1,20	0,96	
		25 km h <sup>-1</sup>	0,57	49,67	4,48	1,31	0,94	
		30 km h <sup>-1</sup>	0,17	133,59	7,59	1,08	0,84	
1.000 Ácaros	Shepherd (1982)	5 km h <sup>-1</sup>	$\alpha$	$\gamma$	$\eta$	RMSE	R <sup>2</sup>	
		10 km h <sup>-1</sup>	0,10	101,05	6,42	0,71	0,96	
		15 km h <sup>-1</sup>	0,10	143,90	6,44	0,81	0,87	
		20 km h <sup>-1</sup>	0,09					
		25 km h <sup>-1</sup>						
		30 km h <sup>-1</sup>						

Exp. – Experimento; Trat. – tratamentos; RMSE – raiz do erro quadrático médio.  $\alpha$  – valor máximo de y;  $\beta$  – valor mínimo de y quando “x” for igual a zero;  $\gamma$  – taxa média de crescimento;  $\varnothing$  – taxa de crescimento inicial;  $\theta$  – parâmetro de forma;  $\eta$  – parâmetro de forma. Todos os modelos foram significativos a 0,05 de significância.

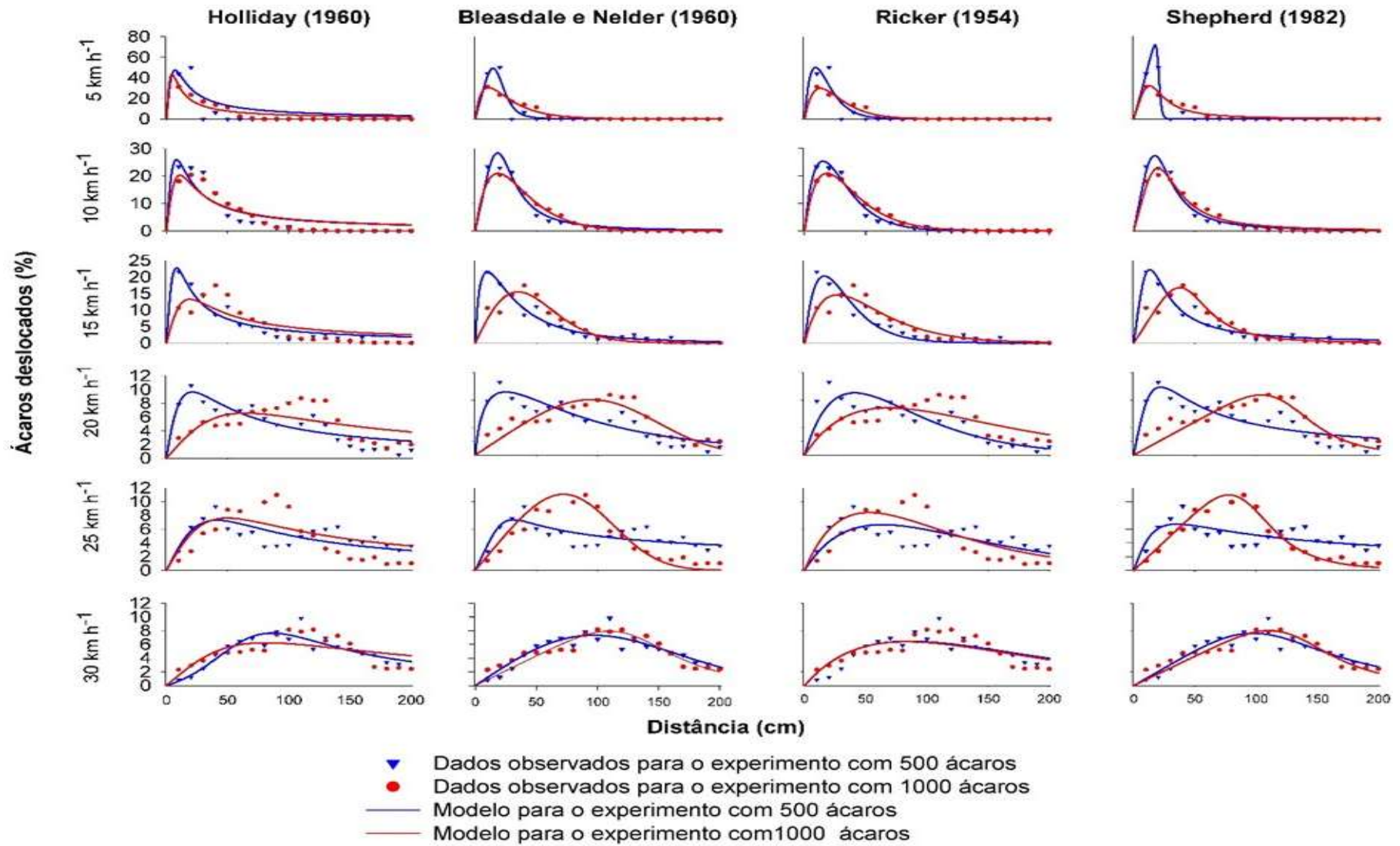
de Shepherd (1982) foi o que apresentou melhor acurácia com os menores valores de RMSE e maior precisão com os maiores valores de  $R^2$ , indicando que é o modelo que melhor se ajusta aos dados de dispersão do ácaro *T. ogmophallos* (Tabela 2).

Nas curvas de distribuição temos a confirmação de que o modelo de Shepherd (1982) foi o que melhor se ajustou aos dados levantados no presente estudo pela maior proximidade dos modelos aos dados observados nos experimentos (Figura 3). Para ambos os experimentos o pico de distribuição ocorreu em aproximadamente 20 cm para os tratamentos 1 e 2 (5 e 10 km h<sup>-1</sup>), porém com intensidades distintas. Para o experimento onde foi realizada infestação com 500 ácaros por planta os ácaros ficaram mais concentrados nessa distância, sendo que cerca de 70 % dos ácaros foram recapturados na distância de 20 cm para a velocidade de 5 km h<sup>-1</sup> e 30% para a velocidade de 10 km h<sup>-1</sup>. No experimento onde a infestação foi de 1.000 ácaros por planta a intensidade foi menor, aproximadamente 30 % para a velocidade de 5 km h<sup>-1</sup> e 22 % para a velocidade de 10 km h<sup>-1</sup> (Figura 3).

A partir de 15 km h<sup>-1</sup> (T3) as curvas de distribuição dos experimentos passaram a se comportar de forma distinta. O pico de distribuição para o experimento com infestação de 500 ácaros permaneceu com distância de aproximadamente 20 cm, enquanto para o experimento em que foram transferidos 1.000 ácaros por planta o pico de distribuição passa a ser de aproximadamente 40 cm. A partir dessa velocidade de vento, a densidade populacional começa a proporcionar efeitos na dispersão do ácaro *T. ogmophallos* (Figura 3).

A vv igual a 20 km h<sup>-1</sup> proporcionou uma distribuição um pouco mais uniforme para o experimento com menor número de ácaros. Entretanto, ainda é evidente que a maior concentração de ácaros permaneceu por volta de 20 cm de distância. No experimento com maior densidade populacional o pico de distribuição ultrapassou os 100 cm de distância. A área sob o gráfico é maior que nos tratamentos anteriores o que indicou que nessa velocidade o número de ácaros que são removidos das plantas pela ação do vento é superior (Figura 3).

Quando os ácaros foram submetidos a ventos de 25 km h<sup>-1</sup> a distribuição do experimento com infestação de 500 ácaros por planta foi bem mais uniforme. Nesse tratamento o percentual de ácaros capturados foi semelhante desde os 20 cm até a



**Figura 3.** Curva de distribuição dos ácaros deslocados pelo vento para os modelos de Holliday (1960), Bleasdale e Nelder (1960), Ricker (1954) e Shepherd (1982).

distância máxima avaliada (200 cm). O pico de distribuição do experimento com infestação de 1.000 ácaros por planta foi na distância de aproximadamente 80 cm. Na velocidade de 30 km h<sup>-1</sup> o pico de distribuição foi a 100 cm e a distribuição dos ácaros foi semelhante para os experimentos com infestação de 500 e 1.000 ácaros por planta (Figura 3).

O teste de Akaike corrigido (AICc) mostrou a probabilidade de os experimentos serem diferentes. Para os modelos de Holliday (1960) e Blesdale e Nelder (1960) os tratamentos 1, 2 e 3 obtiveram 100% de probabilidade de os modelos serem diferentes entre os experimentos e para o tratamento 4 a probabilidade foi de 99%. Isso acontece quando o AICc individual é menor que AICc global (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teste de Akaike corrigido (AICc) para os modelos testados nos experimentos com infestação de 500 e 1.000 ácaros por planta.

Modelo	Akaike corrigido (AICc)		Probabilidade	
	Individual	Global		
Holliday	5 km h <sup>-1</sup>	114,90	158,79	1,00
	10 km h <sup>-1</sup>	84,09	104,48	1,00
	15 km h <sup>-1</sup>	75,13	96,77	1,00
	20 km h <sup>-1</sup>	57,58	68,03	0,99
	25 km h <sup>-1</sup>	114,90	68,36	0,00
	30 km h <sup>-1</sup>	49,84	34,51	0,00
Bleasdale e Nelder	5 km h <sup>-1</sup>	79,59	213,19	1,00
	10 km h <sup>-1</sup>	48,98	184,40	1,00
	15 km h <sup>-1</sup>	47,13	86,74	1,00
	20 km h <sup>-1</sup>	50,71	68,98	0,99
	25 km h <sup>-1</sup>	69,39	63,28	0,04
	30 km h <sup>-1</sup>	29,61	1,56	0,00
Niker	5 km h <sup>-1</sup>	93,24	134,84	1,00
	10 km h <sup>-1</sup>	28,03	22,45	0,05
	15 km h <sup>-1</sup>	58,38	77,47	0,99
	20 km h <sup>-1</sup>	56,35	62,33	0,95
	25 km h <sup>-1</sup>	114,90	63,70	0,00
	30 km h <sup>-1</sup>	47,10	29,05	0,00
Shepherd	5 km h <sup>-1</sup>	60,08	128,48	1,00
	10 km h <sup>-1</sup>	48,98	44,92	0,11
	15 km h <sup>-1</sup>	47,13	86,74	1,00
	20 km h <sup>-1</sup>	47,93	68,98	1,00
	25 km h <sup>-1</sup>	70,75	63,28	0,02
	30 km h <sup>-1</sup>	29,49	1,94	0,00

Para os demais tratamentos a probabilidade de os modelos serem diferentes entre os experimentos foi de 0% (AICc individual > AICc global) com exceção do tratamento 5 em que a probabilidade foi de 4% para o modelo de Blesdale e Nelder



(1960) (Tabela 3). Para os modelos de Riker (1954) e Shepherd (1982) a probabilidade de os modelos serem diferentes foi semelhante aos anteriores com exceção do tratamento 2 que obteve 5 % de probabilidade para o modelo de Riker (1954) e 11% para o modelo de Shepherd (1982) (Tabela 3).

#### 4. DISCUSSÃO

A variação dos valores de  $\alpha$  em todos os modelos testados indicou que a velocidade do vento está intimamente relacionada com a dispersão do ácaro *T. ogmophallos*, sendo que há um forte aumento no número máximo de ácaros recapturados quando estes são submetidos a ventos de maior intensidade. Com o aumento da velocidade do vento é maior o percentual de ácaros recapturados e também a distância em que os ácaros atingem.

Os dados do presente estudo mostraram que *T. ogmophallos* reage às correntes de ar, semelhante ao que foi relatado em trabalhos anteriores para *T. urticae* e *Oligonychus pratensis* (Banks) (SMITLEY; KENNEDY, 1985; MARGOLIES, 1987). Para esse outros dois tetraniquídeos também foram observadas alterações na dispersão aérea frente as alterações das correntes de ar. O aumento sucessivo nos valores de  $\alpha$  sugere que *T. ogmophallos* pode se dispersar em um número de indivíduos cada vez maior a medida que as correntes de ar alcançam velocidades maiores. Dessa forma, estes resultados sugerem que *T. ogmophallos* é capaz de infestar uma área relativamente grande em um curto período de tempo.

A redução progressiva do parâmetro  $\beta$  que representa o valor mínimo de ácaros recapturados, indica que a medida que há aumento na velocidade das correntes de ar, a deposição dos ácaros passa a ser mais homogênea e os ácaros são encontrados em todas as distâncias avaliadas. Em correntes de ar com velocidades menores o ácaro não é capaz de se dispersar ocupando área total, entretanto, isso é possível quando a velocidade da corrente de ar é maior.

O fato do maior número de ácaros estar concentrado a distâncias maiores para o experimento com infestação de 1.000 ácaros por planta quando submetidos a

velocidades intermediárias (entre 15 e 25 km h<sup>-1</sup>) pode estar relacionado com o comportamento denominado “balonismo”. Esse comportamento faz com que o efeito das correntes de ar seja mais efetivo sobre a dispersão dos ácaros fazendo com que atinjam distâncias maiores. No experimento onde a infestação foi de 500 ácaros por planta o “balonismo” pode não ter ocorrido, uma vez que houve alimento suficiente para essa população de ácaros. Nas velocidades superiores (25 e 30 km h<sup>-1</sup>) a distribuição dos ácaros volta a ser semelhante entre os experimentos. Isso pode ter ocorrido por conta de as correntes de ar terem sido suficientes para retirar os ácaros das plantas mesmo sem realizar o “balonismo”.

Trabalhos anteriores sugerem que os ácaros são dispersos com maior eficiência e em grande número por breves rajadas de vento do que em velocidades maiores e constantes (HOELSCHER, 1967). Entretanto, o presente estudo mostrou que no caso de *T. ogmophallos* apesar da dispersão ocorrer em todas as velocidades avaliadas, a dispersão do maior número de indivíduos de uma população ocorreu em velocidades acima de 20 km h<sup>-1</sup>. Nesta velocidade cerca de 12% dos ácaros presentes nas plantas foram transportados pelo vento.

Boykin e Campbell (1984) avaliaram a dispersão do ácaro *T. urticae* e constataram que mesmo em altas populações a dispersão é semelhante para baixas e altas velocidades. O oposto foi observado para *T. ogmophallos* no presente estudo, pois independentemente do nível populacional a dispersão foi crescente de acordo com o aumento na velocidade das correntes de ar.

Este estudo mostrou que o ácaro *T. ogmophallos* é capaz de se dispersar em grupo a distâncias relativamente grandes com o auxílio das correntes de ar. Considerando a alta taxa de reprodução desses artrópodes e velocidade com que conseguem alcançar novas áreas, podemos concluir que *T. ogmophallos* seria capaz de infestar uma área muitas vezes maior do que o foco inicial em poucos dias. Essa estimativa de ajudar no desenvolvimento de estratégias de controle bem como na explicação de surtos populacionais desse ácaro em trabalhos futuros.

## 5. CONCLUSÕES

O modelo de Shepherd (1982) foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos no experimento (RMSE máximo = 2,08. R2 mínimo 0,4).

A velocidade do vento está intimamente relacionada com a dispersão do ácaro *T. ogmophallos*. (> velocidade >número de ácaros deslocados > distância).

Dispersão em área total quando os ácaros são submetidos a velocidades maiores que 20 km h<sup>-1</sup>.

## 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. J.; PANCELLI, M. A.; PRADO, R. M.; CAVALCANTE, V. S.; CRUZ, F. J. R. Effect of potassium on nutritional status and productivity of peanuts in succession with sugar cane. **Journal of soil science and plant nutrition**, Temuco, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2015.

ANDRADE, D. J.; MELVILLE, C. C.; MICHELOTTO, M. D. **Manual prático sobre ácaros do amendoim no Brasil**. Jaboticabal: Funep, 2016. p. 1-14.

AZANDÁMÈ-HOUNMALON, G. Y.; FELLOUS, S.; KREITER, S.; FIABOE, K. K. M.; SUBRAMANIAN, S.; KUNGU, M.; MARTIN, T. Dispersal Behavior of *Tetranychus evansi* and *T. urticae* on Tomato at Several Spatial Scales and Densities: Implications for Integrated Pest Management. **Plos One**, San Francisco, v.9, n.4, p. 1-8, 2014.

BLEASDALE, J. K. A.; NELDER, J. A. Plant population and crop yield. **Nature**, London, v. 188, n. 1, p. 342-342, 1960.

BONATO, O.; SANTAROSA, P. L.; RIBEIRO, G.; LUCCHINI, F. Suitability of three legumes for development of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae). **Florida Entomological Society**, Flórida, v.83, n.2, p.203-205, 2000.

BOWLER, D. E.; BENTON, T. G. Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behaviour to spatial dynamics. **Biological Reviews**, Cambridge v. 80, n. 2, p. 205-225, 2005.

BOYKIN, L. S.; CAMPBELL, W. V. Wind dispersal of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) in North Carolina peanut fields. **Environmental entomology**, College Park v. 13, n. 1, p. 221-227, 1984.

BRANDENBURG, R. L.; KENNEDY, G. G. Intercrop relationships and spider mite dispersal in a Corn/Peanut Agro-Ecosystem. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 32, n. 3, p. 269-276, 1982.

CLOTUCHE, G.; NAVAJAS, M.; MAILLEUX, A. C.; HANCE T. Reaching the ball or missing the flight? Collective dispersal in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. **Plos One**, San Francisco v. 8, n. 10, p. e77573, 2013.

FERREIRA, D. N. M.; FLECHTMANN, C. H. W. Two new phytophagous mites (Acari: Tetranychidae, Eriophyidae) from *Arachis pintoii* from Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 2, [s.n], p.181-188. 1997.

GAMLIEL-ATINSKY, E.; FREEMAN, S.; SZTEJNBERG, A.; MAYMON, M.; OCHOA, R.; BELAUSOV, E.; PALEVSKY, E. Interaction of the mite *Aceria mangiferae* with *Fusarium mangiferae*, the causal agent of mango malformation disease. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 99, n. 2, p. 152-159, 2009.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. AMGH editora Ltda. Porto Alegre, 2011, p. 91-93.

HOELSCHER, C. E. Wind dispersal of brown soft scale crawlers, *Coccus hesperidum* (Homoptera: Coccidae), and Texas Citrus Mites, *Eutetranychus banksi* (Acarina: Tetranychidae) from Texas Citrus. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 60, n. 3, p. 673-678, 1967.

HOLLIDAY, R. Plant population and crop yield. **Nature**, London, v. 186, n. 4718, p. 22-24, 1960.

HURVICH, C. M.; TSAI, C. L. A corrected Akaike information criterion for vector autoregressive model selection. **Journal of time series analysis**, Clevedon, v. 14, n. 3, p. 271-279, 1993.

JEGER, M. J. Improved understanding of dispersal in crop pest and disease management: current status and future directions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 97, n. 4, p. 331-349, 1999.

LAWSON, D. S.; NYROP, J. P.; DENNEHY, T. J. Aerial dispersal of european red mites (Acari: Tetranychidae) in commercial apple orchards. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 20, n. 4, p. 193-202, 1996.

LE GOFF, J.; HANCE T.; DETRAIN C.; DENEUBOURG, J. L.; MAILLEUX, A. C. The locomotor activities on sites covered by silk produced by related and unrelated spider mites in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Comptes rendus Biologies**, Paris, v. 335, n. 3, p. 226-231, 2012.

LI, J.; MARGOLIES, D. C. Effects of mite age, mite density, and host quality on aerial dispersal behavior in the twospotted spider mite. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 68, n. 1, p. 79-86, 1993.

LI, J.; MARGOLIES, D. C. Responses to direct and indirect selection on aerial dispersal behaviour in *Tetranychus urticae*. **Heredity**, Cary, v. 72, n. 1, p. 10-22, 1994.

LOURENÇÃO, A.L.; KASAI, F.S.; NÁVIA, D.; GODOY, I.J.; FLECHTMANN, C.H.W. Ocorrência de *Tetranychus ogmophallus* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae)

em amendoim no estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**. Londrina, v. 30, n. 3, p. 495-496, 2001.

MARGOLIES, D. C. Conditions eliciting aerial dispersal behavior banks grass mite, *Oligonychus pratensis* (Acari: Tetranychidae). **Environmental entomology**, College Park v. 16, n. 4, p. 928-932, 1987.

MARGOLIES, D. C.; KENNEDY, G. G. Fenvalerate-induced aerial dispersal by the twospotted spider mite. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 46, n. 3, p. 233-240, 1988.

MELVILLE, C. C.; ANDRADE, S. C.; OLIVEIRA, N. T.; ANDRADE, D. J. Impact of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) on different phenological stages of peanuts. **Bragantia**, Campinas, v. 77, n. 1, p. 116-123, 2018.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, H. W. **Manual de Acarologia: Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto, Holos, 2008. p. 91.

OSAKABE, M. H.; ISOBE, H.; KASAI, A.; MASUDA, R.; KUBOTA, S.; UMEDA, M. Aerodynamic advantages of upside down take-off for aerial dispersal in *Tetranychus* spider mites. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 44, n. 3, p. 165–183, 2008.

RICKER, W. E. Stock and recruitment. **Journal of the Fisheries Board of Canada**, v. 11, n. 5, p. 559-623, 1954.

SANTOS, R. S. Infestação de *Tetranychus ogmophallos* Ferreira & Flechtmann (Acari: Tetranychidae) em amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & Greg.) nos estados do Acre e Minas Gerais. **Entomo Brasilis**. v. 9, n. 1, p. 69-72, 2016.

SHEPHERD, J. G. A. versatile new stock-recruitment relationship for fisheries, and the construction of sustainable yield curves. **ICES Journal of Marine Science**, Dauphin Island, v. 40, n. 1, p. 67-75, 1982.

SMITLEY, D. R.; KENNEDY, G. G. Photo-oriented aerial-dispersal behavior of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) enhances escape from the leaf surface. **Annals Entomological Society of America**, College Parck v. 78, n. 5, p. 609-614, 1985.

SOROKER, V.; NELSON, D. R.; BAHAR, O.; RENEH, S.; YABLONSKI, S.; PALEVSKY, E. Whitefly wax as a cue for phoresy in the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae). **Chemoecology**, Basel, v. 13, n. 4, p. 163–168, 2003.

WAITE, G. K. New evidence further incriminates honey-bees as vectors of lychee erinose mite *Aceria litchi* (Acari: Eryophyidae). **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 145-147, 1999.

WEEKS, A. R.; TURELLI, M.; HOFFMANN, A. A. Dispersal patterns of pest earth mites (Acari: Penthalidae) in pastures and crops. **Journal of economic entomology**, Lanham, v. 93, n. 5, p. 1415-1423, 2000.

### **CAPITULO 3 – FORMAÇÃO DE TEIA DO ÁCARO *Tetranychus ogmophallos* (ACARI: TETRANYCHIDAE) EM PLANTAS DE AMENDOIM**

**RESUMO** – O ácaro *Tetranychus ogmophallos* forma colônias com milhares de indivíduos sobre plantas do gênero *Arachis*. Esses ácaros estabelecem suas colônias sob grande quantidade de teia para garantir proteção. Quando o número de indivíduos é grande o suficiente para esgotar os recursos fornecidos pela planta hospedeira, os ácaros dirigem-se para a periferia da planta para formar um aglomerado de teia e ácaros. Essa estrutura é formada para facilitar a dispersão de um número relativamente grande de ácaros a distâncias maiores do que eles conseguiriam pelo seu caminhamento. Esse estudo teve como objetivo estudar a formação dos aglomerados de teia e como eles interferem na dispersão de *T. ogmophallos*. O estudo foi realizado em laboratório com o uso de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*) cultivadas em vasos. As plantas foram previamente preparadas realizando-se podas para deixar apenas duas folhas (oito folíolos) por planta. Após o preparo das plantas um suporte de madeira de 30 cm de altura e 2 cm de largura foi posicionada ao lado das plantas. A estaca foi pintada de preto e a sua ponta foi aparada em forma de lança. Na extremidade da estaca foi colado um pedaço de papel milimetrado de 5 x 5 mm para calibração de software. A extremidade superior da estaca foi fotografada duas vezes ao dia para determinar a formação e o crescimento dos aglomerados de teia. Após a remoção dos agregados de teia da estaca, eles foram colocados em placas de Petri por aproximadamente 10 minutos. Os ácaros que estavam na superfície dos agregados abandonaram os mesmos e caminharam sobre a placa permitindo conta-los. Os agregados foram então transferidos para uma nova placa onde foi observado o número de ácaros presos e mortos no interior dos agregados. Assim obtivemos o número de ácaros das camadas externa e interna dos agregados de teia. O fluxo acumulado de ácaros se comportou de forma linear em função do tempo. O volume dos aglomerados teve relação direta com o número de ácaros encontrados no seu interior e superfície.

**Palavras-chave:** Fios de seda, aglomerado de teia, dispersão.



### CHAPTER 3 – SILK FORMATION OF MITE *Tetranychus ogmophallos* (ACARI: TETRANYCHIDAE) IN PEANUT PLANT

**ABSTRACT** - *Tetranychus ogmophallos* forms colonies with thousands of individuals on plants of the genus *Arachis*. These mites establish their colonies under large amounts of web to ensure protection. When the number of individuals is large enough to deplete the resources provided by the host plant, the mites head to the periphery of the plant to form a web cluster and mites. This structure is formed to facilitate the dispersion of a relatively large number of mites at distances greater than they would get by their walking. This study aimed to study the formation of web clusters and how they interfere in the dispersion of *T. ogmophallos*. The study was conducted in the laboratory with the use of peanut plants (*Arachis hypogaea*) cultivated in pots. The plants were previously prepared by pruning to leave only two leaves (eight leaflets) per plant. After the plants were planted, a wooden support 30 cm high and 2 cm wide was placed next to the plants. The stake was painted black and its tip was trimmed in the shape of a spear. At the end of the peg a piece of 5 x 5 mm millimeter paper was glued for software calibration. The upper end of the stake was photographed twice a day to determine the formation and growth of the web agglomerates. After removal of the staple web aggregates, they were placed in Petri dishes for approximately 10 minutes. The mites that were on the surface of the aggregates abandoned them and walked on the plate allowing to count them. The aggregates were then transferred to a new plaque where the number of dead and trapped mites inside the aggregates was observed. Thus we obtained the number of mites from the outer and inner layers of the web aggregates. The accumulated flow of mites behaved linearly as a function of time. The volume of the agglomerates was directly related to the number of mites found on the inside and surface.

**Keywords:** Silk yarn, agglomerated silk, dispersion.

## 1. INTRODUÇÃO

Em várias espécies pode-se observar a formação de grupos que podem ser compostos de alguns poucos ou até mesmo milhões de indivíduos (CLOTUCHE et al., 2011). A habilidade de viver em grupo traz uma série de vantagens, tanto para o indivíduo quanto para o grupo (LIONI; DENEUBOURG, 2004). Esse comportamento pode proporcionar facilidade no acesso ao alimento e ao encontro entre machos e fêmeas (HAMBÄCK, 2010; CLOTUCHE et al., 2011). Entretanto, o comportamento agregativo também pode proporcionar desvantagens, como é o caso da concorrência por espaço e alimento (HAMBÄCK, 2010). Frequentemente, observa-se a agregação em um local determinado por um período de tempo relativamente longo. Essa agregação é essencial para que ocorra uma interação entre os indivíduos de uma população (SAITO, 2010).

A organização dos grupos está intimamente relacionada à distribuição espacial, distribuição vertical e a organização espaço-temporal. Para a maioria dos organismos que habitam os ecossistemas os padrões de movimento que garantem a entrada e saída de um habitat são fatores que limitam a sobrevivência desses organismos. Para as espécies que vivem em colônias os movimentos coletivos ocorrem o tempo todo. Esses indivíduos se alimentam em grupo e a decisão de deixar o ambiente em que vivem para se alimentar em outro depende diretamente da interação social dos membros do grupo (PETIT; BON, 2010). Além disso, algumas populações apresentam uma relação positiva entre a taxa de crescimento e a densidade populacional. Nesse caso, a sobrevivência e a taxa de reprodução são maiores quando a densidade populacional está mais alta. Esse fenômeno é conhecido como efeito de Allee (WANG; KOT, 2001).

Na literatura existem diversos trabalhos relacionados a dispersão individual e coletiva de ácaros fitófagos. Entretanto, os mecanismos relacionados a dispersão coletiva de *Tetranychus ogmophallos* Ferreira e Flechtmann (Acari: Tetranychidae), conhecido como ácaro-vermelho-do-amendoim são desconhecidos. Esses ácaros possuem um crescimento populacional bastante intenso em um curto período de

desenvolvimento combinados com alta taxa de fecundidade e sobrevivência da fase adulta (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Assim como a maioria dos artrópodes que se alimentam de plantas, *T. ogmophallos* adota estratégias para se dispersar e encontrar novos habitats em que haja os recursos necessários para o seu desenvolvimento e reprodução. Entre as estratégias adotadas pelos ácaros para a dispersão está o caminhamento, também chamado de dispersão ativa (ALVES et al., 2005). Outra estratégia comumente observada é o transporte físico por outro organismo conhecido como forese (YANO, 2004). E por fim, a dispersão aérea realizada pelas correntes de ar (LI; MARGOLIES, 1993; BELL et al., 2005; OSAKABE et al., 2008). A dispersão aérea permite que os ácaros alcancem distâncias maiores em um número relativamente grande de indivíduos em um curto espaço de tempo.

Uma característica biológica de grande importância do ácaro *T. ogmophallos* é a produção de grande quantidade de teia. *Tetranychus ogmophallos* apresenta tipo de vida CW-u segundo a classificação de Saito (1983). Ácaros pertencentes a esse tipo de vida são aqueles que tecem teia complexa, com estrutura irregular e tridimensional, ou estratificada e densa. Além disso, os ácaros produzem teia sempre que caminham e utilizam a teia para alcançar outras partes da planta ou plantas vizinhas. Outra característica desse tipo de vida é que os ovos são depositados na teia (MORAES; FLECHTMANN, 2008). A teia ainda pode ser utilizada para facilitar a dispersão aérea (BELL et al., 2005).

A dispersão pelas correntes de ar já foi observada em algumas espécies de aranhas, ácaros e algumas larvas de lepidópteros (BELL et al., 2005). Esse comportamento é conhecido como “balonismo”. No caso dos tetraniquídeos, é comumente realizado pelas fêmeas que se apoiam nos pares de pernas posteriores e levantam a parte anterior do corpo deixando-se levar pelo vento (BELL et al., 2005). O ácaro *T. ogmophallos* realiza um deslocamento coletivo quando há uma situação de superpopulação na planta hospedeira e o alimento passa a ser insuficiente para atender a demanda da colônia. Os ácaros constroem uma estrutura composta por seda e ácaros mortos e vivos que podem ser levadas pelo vento (WEEKS et al., 2000). A dispersão dessas estruturas pode ser um fator expressivo na dinâmica populacional de *T. ogmophallos* e ainda explicar o ataque repentino em áreas que não haviam sido

infestadas anteriormente (CLOTUCHE, et al., 2011). Portanto, esse estudo teve como objetivo compreender a formação e caracterizar o conteúdo desses agregados de seda produzidos por *T. ogmophallos*.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Criação de ácaros**

Uma criação de *T. ogmophallos* foi iniciada a partir de ácaros coletados em plantas de amendoim forrageiro *Arachis pintoi* Krapov and WC Gregory localizadas em área urbana na cidade de Jaboticabal - SP. Os ácaros foram transferidos para plantas de amendoim comercial *Arachis hypogaea* L. cv. granoleico, cultivadas em vasos com volume de 10 litros contendo como substrato solo, areia e esterco bovino na proporção de 1:1:1. Espécimes (machos e fêmeas adultos) foram montados em lâminas de microscopia contendo meio de Hoyer para identificação da espécie sob microscópio com contraste de fases.

Os vasos foram mantidos em casa de vegetação. As plantas foram substituídas por plantas novas sempre que necessário, encostando-se as plantas velhas nas plantas novas para migração dos ácaros. As plantas de amendoim foram irrigadas sempre que necessário durante todo o seu desenvolvimento.

### **2.2. Infestações de plantas**

As plantas de amendoim utilizadas nesse trabalho foram cultivadas em vasos com volume de 10 litros contendo substrato composto de solo, areia e esterco bovino na proporção de 1:1:1, assim como aquelas utilizadas na criação dos ácaros. Esses vasos foram mantidos em casa de vegetação até que as plantas atingissem a altura

desejada para o início do experimento. As plantas foram preparadas para o experimento quando atingiram entre 15 e 20 cm de altura. Para o preparo das plantas foi realizada uma poda deixando-se apenas duas folhas (oito folíolos) por planta. Durante a condução do experimento os brotos jovens foram podados quando necessário.

Após o preparo das plantas uma estaca de bambu de 30 cm de altura e 2 cm de largura foi posicionada ao lado das plantas. A estaca foi pintada de preto e a sua ponta foi aparada em forma de lança. Na extremidade da estaca foi colado um pedaço de papel milimetrado de 5 x 5 mm. O papel milimetrado tem a função de calibrar o software utilizado para dimensionar os agregados de seda. As plantas foram presas na estaca com um pedaço de fita plástica (Figura 1).

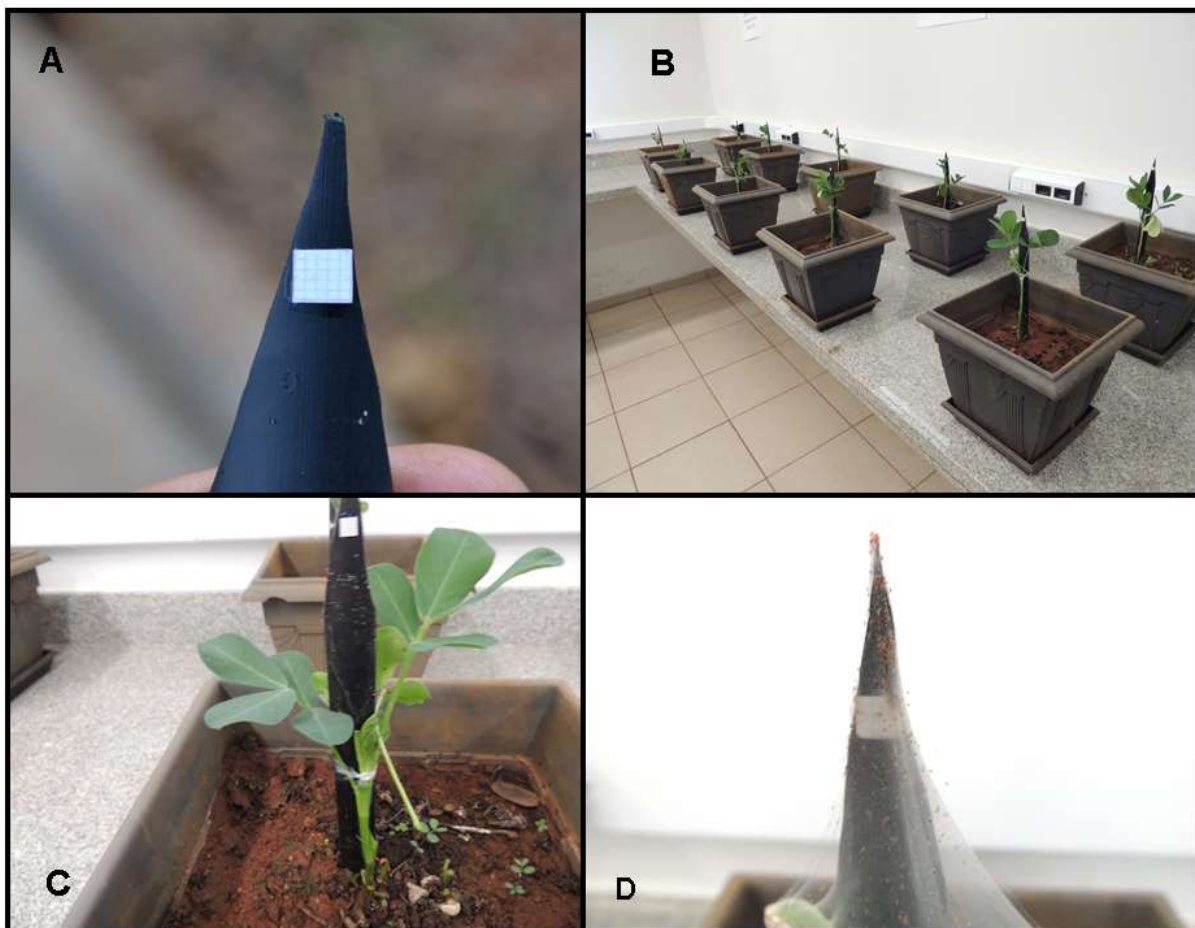
Os ácaros foram coletados da criação com o uso de um pincel de uma única cerda e transferidos para as plantas utilizadas no experimento. Para cada planta foram transferidas 50 fêmeas adultas. Em seguida, as plantas foram colocadas em laboratório com temperatura de  $25^{\circ} \text{C} \pm 1$ . Foi permitido que os ácaros subissem na estaca para tecer os agregados de teia até a sua retirada no décimo terceiro dia (13<sup>o</sup>) após a infestação.

### **2.3. Crescimento dos agregados de teia**

Após a infestação das plantas a extremidade superior da estaca foi fotografada duas vezes ao dia (8:00 h e 20:00 h) para determinar a formação e o crescimento dos agregados de teia. As fotos foram feitas com o uso de uma câmera Nikon Coolpix P510 equipada com modo close-up em macro. A escala do papel milimetrado permitiu calibrar o software ImageJ<sup>®</sup> e então calcular o diâmetro e o volume dos agregados de teia. O aglomerado de teia foi cuidadosamente retirado do ápice da estaca após a sua formação no 13<sup>o</sup> dia após a infestação, e depositado em uma placa de Petri para avaliação do conteúdo.

## 2.4. Conteúdo dos agregados de teia

Após a remoção dos agregados de teia da estaca, eles foram colocados em placas de Petri por aproximadamente 10 minutos. Os ácaros que estavam na superfície dos agregados abandonaram os mesmos e caminharam sobre a placa de Petri permitindo contá-los. Os agregados foram então transferidos para uma nova placa onde foi observado o número de ácaros presos e mortos no interior dos agregados.



**Figura 1.** A) Papel milimetrado colado 1cm abaixo do topo da estaca; B) plantas preparadas para a infestação; C) planta presa na estaca de madeira; D) Início da formação dos aglomerados.

## 2.5. Análise de dados

O fluxo de ácaros que se dirigiu para a extremidade da estaca foi observado por um período de 2 minutos duas vezes ao dia (8:00 h e 20:00 h). Entretanto, foi considerado que esses valores são componentes da dinâmica geral de ascensão, e por conta disso, foi utilizado o fluxo acumulado para determinar o número de ácaros que alcançaram o ápice da estaca durante o experimento. Os valores do fluxo acumulado ( $dx/dt$ ) foram submetidos a análise de regressão linear simples em função do tempo. Antes da análise os conjuntos de dados foram normalizados percentualmente através da equação:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x + \beta \quad (1)$$

em que os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  representam o fator de recrutamento e o fluxo espontâneo dos ácaros respectivamente.

A relação entre a formação dos aglomerados de teia e o número de ácaros que atingiram o ápice da estaca foi estimada através de regressão não linear da proporção de repetições com formação de aglomerados em razão do fluxo acumulado através da equação:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x)}} \quad (2)$$

em que  $\beta_0$  e  $\beta_1$  representam a taxa de crescimento e o fator de forma respectivamente.

Os parâmetros foram calibrados pela minimização da soma do quadrado do erro (SQE), como proposto por GUJARATI; PORTER (2011).

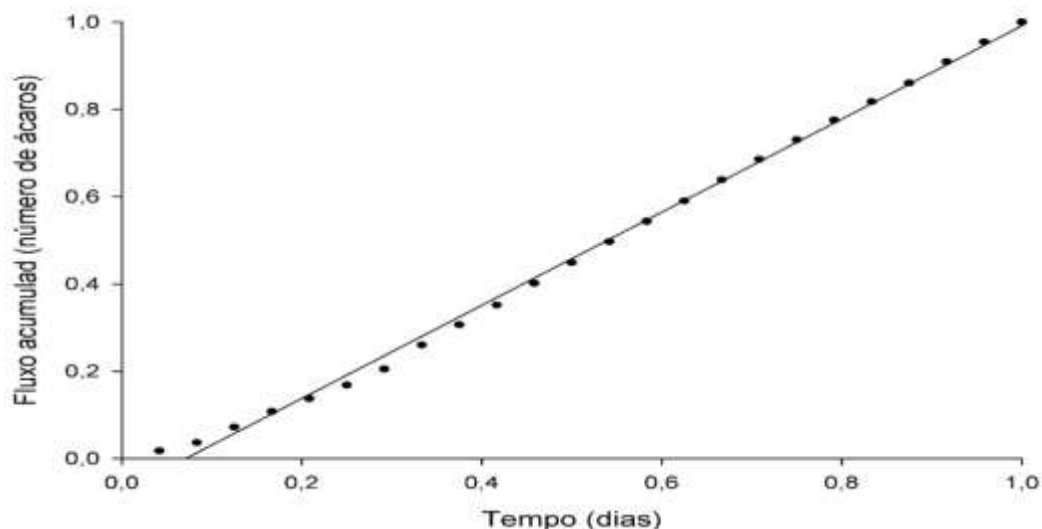
$$SQE = \sum(y_{est.} - y_{obs.})^2 \quad (3)$$

em que  $y_{est.}$  representa os valores de  $y$  estimado e  $y_{obs.}$  os valores de  $y$  observado.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Fluxo de ácaros para a extremidade da estaca

O número de ácaros que saíram da planta e se dirigiram para a extremidade da estaca ( $\alpha$ ) se manteve de forma linear com o número de ácaros que já haviam passado pela estaca ( $\beta$ ). Isso demonstra uma interação positiva entre os indivíduos que caminham sobre uma determinada superfície. Essa interação possivelmente ocorra devido a um processo de recrutamento uma vez que o valor de  $\alpha$  foi superior ao valor de  $\beta$  ( $\alpha = 1,067$ ;  $\beta = 0,0759$ ;  $r^2 = 0,997$ ) (Figura 2).

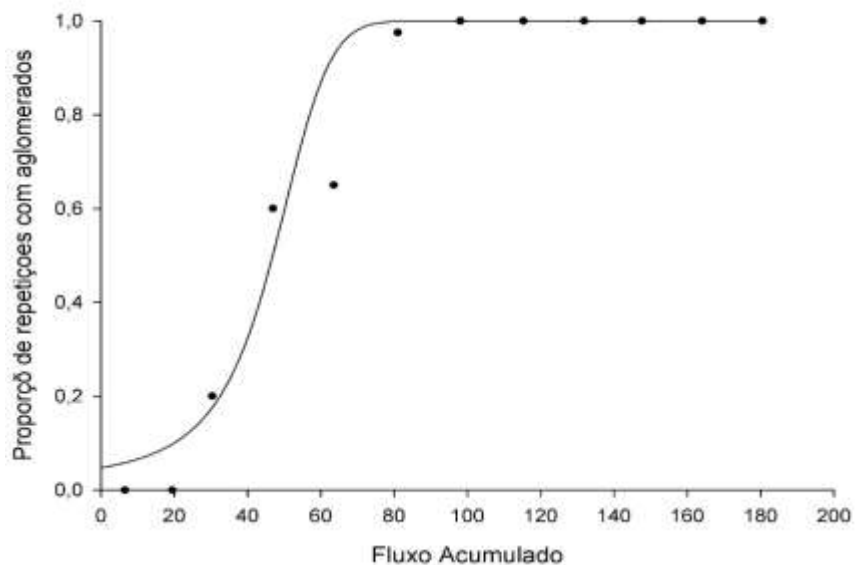


**Figura 2.** Evolução do fluxo acumulado de ácaros em função do tempo. Os parâmetros da curva são:  $\alpha = 1,067$ ;  $\beta = 0,0759$ ;  $r^2 = 0,99$ . ( $y = 1,067x + 0,0759$ ; soma do quadrado do erro –  $SQE = 0,06$ ;  $p < 0,01$ ).



### 3.2. Formação dos aglomerados de teia

Os ácaros *T. ogmophallos* tecem teia sempre que caminham. Sendo assim, o fluxo acumulado de ácaros que passa pela estaca está intimamente relacionado a quantidade de teia que é depositada sobre a mesma. Imediatamente, após a chegada dos primeiros ácaros no ápice da estaca pode ser observada a formação de teia. Entretanto, nos primeiros dias não é possível verificar a formação dos aglomerados por conta de os ácaros não permanecerem o tempo todo na estaca, voltando frequentemente para a planta (Figura 3).



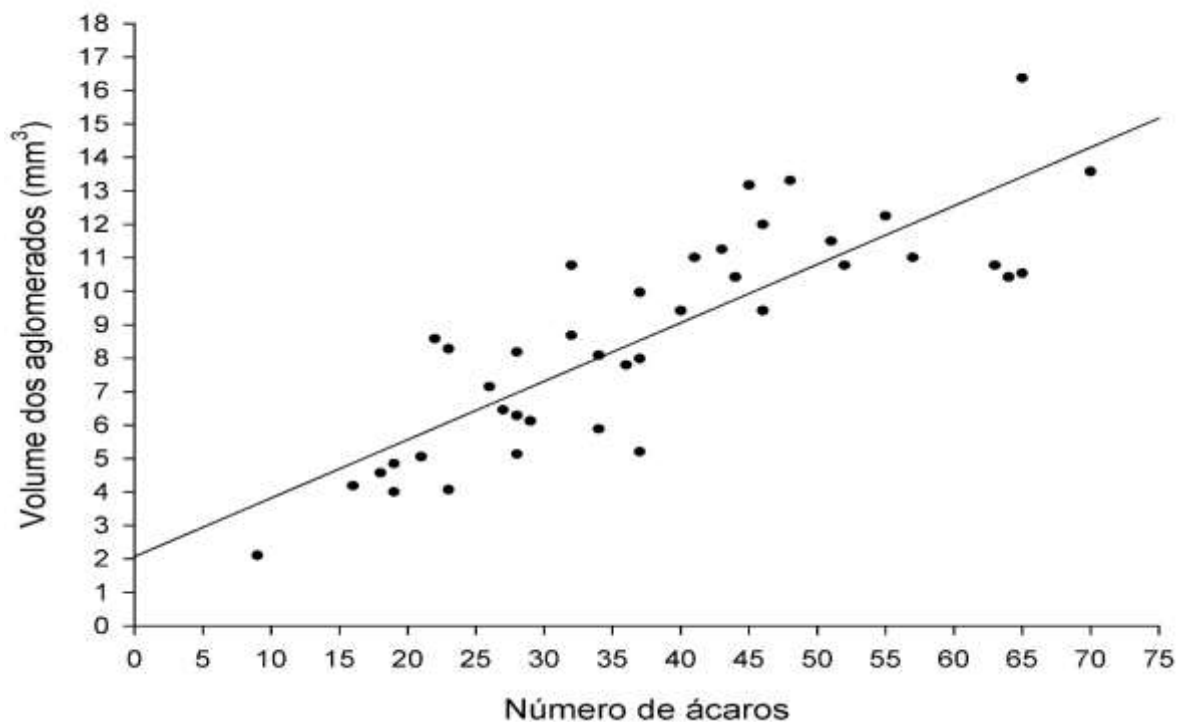
**Figura 3.** Proporção de repetições com emergência de aglomerados (y) em razão do fluxo acumulado de ácaros (x). ( $\beta_0 = 3,97$ ;  $\beta_1 = 1,03$ )

A curva obtida com esses dados tem forma sigmoideal (Figura 3), o que indica que a formação dos aglomerados de teia surgiu quando um número mínimo de ácaros

havia “escalado” a estaca. O limite da função foi determinado como o fluxo acumulado em que 50 % das estacas apresentou um aglomerado de teia ( $\sigma = 47$  ácaros).

### 3.3. Conteúdo dos aglomerados de teia

A maior parte dos ácaros encontrados nos aglomerados de teia estavam na camada interna (cerca de 65%). Além disso, a maioria dos indivíduos encontrados no interior dos aglomerados eram imaturos (aproximadamente 78%). Dessa forma após a eclosão, as larvas já se encontram fazendo parte do aglomerado. Na camada externa o oposto foi observado quanto ao estágio de desenvolvimento dos indivíduos. Aproximadamente 67% dos ácaros contabilizados eram adultos. O volume final dos aglomerados foi correlacionado de forma linear com o número total de ácaros encontrados no seu interior e superfície (Figura 3).



**Figura 4.** Relação do volume final dos aglomerados com o número de ácaros (N = 40);  $y = 0,1746x + 2,0727$ ;  $R^2 = 0,71$ .

O estudo da composição dos aglomerados de teia é fundamental para compreender como essas estruturas são construídas e qual a sua participação na dispersão desses artrópodes. Os ácaros que ficam presos na teia dificilmente conseguem se soltar. Por conta disso, eles acabam morrendo e os demais ácaros continuam depositando teia sobre os aglomerados. Os cadáveres dos ácaros passam a fazer parte da estrutura que compõe os aglomerados de teia.

#### 4. DISCUSSÃO

Os tetraniquídeos são conhecidos por viver em colônias de vários milhares de indivíduos e possuírem uma alta capacidade de ocupar novas áreas quando ocorre a falta de alimento ou a competição por predadores. A eficiência com que os tetraniquídeos ocupam novas áreas em situações adversas é um dos principais fatores da sua sobrevivência e do seu potencial de causar danos às plantas. Nesse trabalho buscou-se compreender a participação da teia na dispersão do ácaro *T. ogmophallos*. Os resultados obtidos nesse estudo permitiram caracterizar as principais etapas que levam esses ácaros a ter esse tipo de comportamento.

Estudo anteriores comprovaram que os tetraniquídeos podem utilizar fios de seda deixados por indivíduos que passaram pelo mesmo local no passado como se fosse uma trilha (YANO, 2008). Pode-se concluir que o mesmo acontece com o ácaro *T. ogmophallos* em que o fluxo ascendente foi crescente a partir do momento em que os primeiros ácaros subiram na estaca. Dificilmente um ácaro permanece por um longo período de tempo na estaca. Imediatamente após a chegada ao ápice das estacas os ácaros começam a decida. Isso poderia estar relacionado ao fato de que fora da planta os ácaros não teriam como se alimentar e por isso retornam as plantas. Entretanto, isso parece estar também relacionado a um fator de recrutamento.

A medida que os ácaros sobem e descem da estaca, há um aumento progressivo na quantidade de teia, não só no ápice, mas em toda a sua extensão. Esses fios podem servir de guia para que outros ácaros que ainda não alcançaram o topo da estaca consigam fazer esse caminho com maior facilidade e rapidez.

Comportamento similar foi verificado em trabalhos passados em que foi investigada a participação da teia na dispersão de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (CLOTUCHE et al., 2011). O recrutamento permite que os indivíduos explorem o ambiente de forma aleatória e individual para posteriormente recrutar companheiros do mesmo grupo (DETRAIN; DENEUBOURG, 2008). Para o ácaro *T. ogmophallos* esse recrutamento resulta na formação de uma estrutura composta por ácaros vivos e mortos que parece dificultar a dispersão individual. Todavia, quando ocorre rajadas de vento suficientemente forte para deslocar essa estrutura os ácaros são transportados em grande número e a distâncias significativamente maiores.

A formação dessas estruturas parece estar intimamente ligada ao fluxo acumulado de ácaros que chegam ao topo da estaca. Aparentemente somente após o acúmulo de um número mínimo de indivíduos subindo e descendo da estaca é que ocorre a formação do aglomerado de teia. Os dados deste trabalho revelaram um limite mínimo de 47 ácaros para que haja a emergência dessa estrutura seguindo uma função do tipo quórum (SUMPTER; PRATT, 2009). Número bem diferente do que foi estimado para *T. urticae* que chega a quase 260 ácaros (CLOTUCHE et al., 2011).

*Tetranychus ogmophallos* tece teia sempre que caminha e além do mais possui um caminamento bastante significativo (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Devido a essas características a quantidade de teia que se acumula é diretamente proporcional ao número de indivíduos da colônia. Uma vez formado o aglomerado de teia o vento seria suficiente para projetar os ácaros através do balonismo. Sabe-se que esse é um comportamento que promove um maior alcance aos ácaros. Porém, o balonismo também pode proporcionar riscos como a possibilidade de morte por ser um transporte no qual os ácaros não têm controle (BONTE et al., 2006).

Apesar de a dispersão de ácaros através dos aglomerados de teia fornecerem risco de mortalidade, um outro comportamento pode trazer vantagens para a sobrevivência da espécie. *Tetranychus ogmophallos* assim como a maioria dos ácaros do gênero *Tetranychus* depositam os seus ovos na teia. Seria possível que um aglomerado de teia levasse uma quantidade abundante de ovos para um ambiente favorável ao seu desenvolvimento e ainda conferir proteção em meio aos fios de teia. Prova disso é que o estudo do conteúdo dos aglomerados de teia revelou haver uma quantidade maior de imaturos do que de adultos nos aglomerados de teia e também

quantidade abundante de ovos. Certamente, o uso dessas estruturas gera um grande gasto de energia e fornece um nível de risco aos ácaros. Porém, é possível que esse comportamento seja um dos mais importantes para garantir a sobrevivência do ácaro *T. ogmophallos*.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALVES, E. B.; CASARIN, N. F. B.; OMOTO, C. Dispersal mechanisms of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus groves. **Neotropical Entomology**. Londrina, v. 34, n. 1, p. 89-96, 2005.
- BELL, J. R.; BOHAN, D. A.; SHAW, E. M.; WEYMAN, G. S. Ballooning dispersal using silk: world fauna, phylogenies, genetics and models. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 95, n. 2, p. 69-114, 2005.
- BONATO, O.; SANTAROSA, P. L.; RIBEIRO, G.; LUCCHINI, F. Suitability of three legumes for development of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae). **Florida Entomological Society**, Flórida, v.83, n.2, p.203-205, 2000.
- BONTE, D.; VANDEN BORRE, J.; LENS, L.; MAELFAIT, J. P. Geographic variation in wolfspider dispersal behaviour is related to landscape structure. **Animal Behaviour**, London, v. 72, n. 3, p. 655–662. 2006.
- CLOTUCHE, G.; MAILLEUX, A. C.; FERNÁNDEZ, A. A.; DENEUBOURG, J. L.; DETRAIN, C.; HANCE, T. The Formation of Collective Silk Balls in the Spider Mite *Tetranychus urticae* Koch, **Plos One**, San Francisco v. 6, n. 4, p. e18854, 2011.
- DETRAIN, C.; DENEUBOURG, J. L. Collective decision-making and foraging patterns in ants and honeybees. **Advances in Insect Physiology**, San Diego, v. 35, [s/n], p.123–173, 2008.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. AMGH editora Ltda. Porto Alegre, 2011, p. 91-93.
- HAMBÄCK, P. A. Density-dependent processes in leaf beetles feeding on purple loosestrife: aggregative behaviour affecting individual growth rates. **Bulletin of entomological research**, Farnham Royal, v. 100, n. 5, p. 605-6011, 2010.
- LI, J.; MARGOLIES, D. C. Effects of mite age, mite density, and host quality on aerial dispersal behavior in the twospotted spider mite. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 68, n. 1, p. 79-86, 1993.
- LIONI, A.; DENEUBOURG, J. L. Collective decision through self-assembling. **Naturwissenschaften**, Hamburg, v. 91, n.5, p. 237–241, 2004.
- MORAES, G. J.; FLECHTMANN, H. W. **Manual de Acarologia: Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto, Holos, 2008. p. 111.
- OSAKABE, M. H.; ISOBE, H.; KASAI, A.; MASUDA, R.; KUBOTA, S.; UMEDA, M. Aerodynamic advantages of upside down take-off for aerial dispersal in *Tetranychus* spider mites. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 44, n. 3, p. 165–183, 2008.

PETIT, O.; BOM, R. Decision-making processes: The case of collective movements. **Behavioural Processes**, Amsterdam, v. 84, n. 3, p. 635-647, 2010.

SAITO, Y. Plant mites and sociality, diversity and evolution. **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 52, n. 4, p. 453-455, 2010.

SAITO, Y. The concept of 'life types' in Tetranychinae. An attempt to classify the spinning behaviour of Tetranychinae. **Acarologia**, Paris, v. 24, n. 1, p. 377-391, 1983.

SUMPTER, D. J. T.; PRATT, C. Quorum responses and consensus decision making. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 364, n. 1518, p. 743–753, 2009.

WANG, M. H.; KOT, M. Speeds of invasion in a model with strong or weak allee effects. **Mathematical biosciences**, New York, v. 171, n. 1, p. 83-97, 2001.

WEEKS, A. R.; TURELLI, M.; HOFFMAN, A. A. Weeks, A. A.; Turelli, A. A. Dispersal patterns of pest earth mites (Acari: Pentahaleidae) in pasture and crops. **Journal of economic entomology**, Lanham, v. 93, n. 5, p. 1415-1423, 2000.

YANO, S. Does *Tetranychus urticae* (Acari: tetranychidae) use flying insects as vectors for phoretic dispersal **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v. 32, n. 4, p. 243-248, 2004.

YANO, S. Collective and solitary behaviors of twospotted spider mite (acari: tetranychidae) are induced by trail following. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 101, n. 1, p. 247-252, 2008.

## CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frequentemente no Brasil e no mundo surgem organismos que podem causar sérios danos as culturas e proporcionar grandes prejuízos aos agricultores. Isso pode acontecer com espécies já conhecidas e que não causaram problemas no passado ou com organismos completamente desconhecidos pelo homem. Essa situação traz muitos problemas uma vez que os aspectos biológicos e comportamentais desses organismos na maioria das vezes são desconhecidos. O estudo dos aspectos biológicos e comportamentais de uma espécie-praga é primordial para que se possa obter uma estratégia de controle eficiente.

Nesse trabalho estudou-se a dispersão aérea do ácaro *T. ogmophallos* que foi descrito em 1997 aparentemente sem causar grandes prejuízos a cultura do amendoim. A partir de 2008 foi que começaram os problemas com infestações capazes de reduzir drasticamente a produtividade da cultura do amendoim. Esse ácaro tem o potencial de ocupar uma área muitas vezes maior do que a área inicial em um curto período de tempo, ou ainda se estabelecer em uma nova região onde ainda não havia relatos da sua ocorrência.

Após a conclusão do presente trabalho pode-se dimensionar o potencial deste ácaro em abandonar um ambiente que já não lhe serve mais e se dirigir para outra que atenda a suas necessidades. O aglomerado de teia é uma forma de dispersão coletiva emergente de interações entre indivíduos. No entanto, a formação de bola de seda é regulada por uma interação entre vantagens como é o caso da dispersão coletiva e uma série de desvantagens, como superlotação no topo das plantas, saturação do fluxo ou tamanho limitado da população. Uma quantificação de todos esses elementos seria útil para o futuro para o desenvolvimento de um modelo dinâmico que fornecesse não só uma descrição quantitativa completa, mas também uma melhor compreensão das regras que regem a dinâmica de migração coletiva de *T. ogmophallos*.