

BIOECOLOGIA DE *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE):  
DISTRIBUIÇÃO, ESTABELECIMENTO E INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA  
SUA DISPERSÃO

por

VANESKA BARBOSA MONTEIRO

(Sob Orientação do Professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. – UFRPE)

RESUMO

*Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) é um dos principais inimigos naturais de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), juntamente com *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon). No entanto, a principal forma de controle em campo de *A. guerreronis* é através da aplicação de acaricidas. A presença de acaricidas pode comprometer a eficiência de *N. baraki* como predador, afetando prejudicialmente sua biologia e conseqüentemente o controle biológico. Informações sobre a probabilidade de estabelecimento de *N. baraki* em diferentes regiões e a influencia de acaricidas sobre este predador são importantes para definir estratégias de controle de *A. guerreronis*, apesar disto ainda ser pouco estudado. O objetivo deste estudo foi: (i) prever a distribuição espacial de predadores de *A. guerreronis* pertencentes ao gênero *Neoseiulus* no Brasil; (ii) estudar a capacidade de dispersão por caminamento, sobrevivência e colonização de frutos por *N. baraki* em diferentes condições ambientais na ausência de alimento e em diferentes escalas espaciais; (iii) investigar a possibilidade de colonização por *N. baraki* de frutos infestados com *A. guerreronis* e pulverizados com acaricidas em diferentes escalas espaciais; (iv) e avaliar se a privação alimentar e a presença de acaricidas interferem na "decolagem" para a dispersão aérea de *N. baraki*. Os resultados mostraram que as áreas mais

favoráveis ao estabelecimento dos predadores estão nas regiões litorâneas do Norte e Nordeste do Brasil. Nas condições climáticas de 27°C e 75% de umidade relativa do ar *N. baraki* sobreviveu, em média, 36 horas e apresentou uma estimativa de caminhada de aproximadamente 134 m ao longo da vida, podendo acessar facilmente outros frutos do mesmo cacho ou de cachos mais novos da mesma planta. Contudo, ácaros presentes em frutos abortados, provavelmente, não acessam plantas no campo por caminhamento. A presença de acaricidas afeta negativamente a dispersão e colonização de *N. baraki* intraplanta, e estimula a dispersão aérea.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácaro, predador, ocorrência, caminhamento, dispersão aérea, colonização, acaricidas, coqueiro.

BIOECOLOGY OF *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE):  
DISTRIBUTION, SETTLEMENT AND INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS IN ITS  
DISPERSAL

by

VANESKA BARBOSA MONTEIRO

(Under the Direction of Professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. – UFRPE)

ABSTRACT

*Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) is one of the main natural enemies of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), together with *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon). However, the main form of the control of *A. guerreronis* in the field is through the application of acaricides. The presence of acaricides may compromise the efficiency of the *N. baraki* as a predator, adversely affecting its biology and consequently biological control. Information about the probability of settlement of *N. baraki* in different regions and the influence of acaricides on this predator is important to define control strategies for *A. guerreronis*, through this still little studied. Therefore, the objective of this study was: (i) predict spatial distribution of predators of *A. guerreronis* belonging to the genera *Neoseiulus* in Brazil; (ii) study the dispersal capacity by walking, survival and colonization of the fruits to *N. baraki* and at different environmental conditions in the absence of food; (iii) investigate the possibility of colonization by *N. baraki* in the infested fruits with *A. guerreronis* and sprayed with acaricides, at different scales; (iv) check if food deprivation and acaricides to interfere in the take-off for dispersal aerial of *N. baraki*. The results showed that the areas more favourable to settlement for predators are the coastal region North and Northeast. In the climatic conditions of 27 °C and 75% RH *N. baraki* survived on average for 36 hours e can walk approximately 134 m throughout life, easily

accessing other fruits of the same bunch or young bunch of the same plant. However, the mites that are in aborted fruits, probably do not access plants in the field by walking. The presence of acaricides negatively affects the dispersal and colonization of *N. baraki* intraplant, stimulate the aerial dispersal.

**KEY WORDS:** Predatory, mite, occurrence, walking, aerial dispersal, colonization, acaricides, coconut tree.

BIOECOLOGIA DE *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE):  
DISTRIBUIÇÃO, ESTABELECIMENTO E INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA  
SUA DISPERSÃO

por

VANESKA BARBOSA MONTEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro – 2018

BIOECOLOGIA DE *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE):  
DISTRIBUIÇÃO, ESTABELECIMENTO E INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA  
SUA DISPERSÃO

por

VANESKA BARBOSA MONTEIRO

Comitê de Orientação:

Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior – UFRPE

Debora Barbosa de Lima– UFRPE

BIOECOLOGIA DE *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE):  
DISTRIBUIÇÃO, ESTABELECIMENTO E INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA  
SUA DISPERSÃO

por

VANESKA BARBOSA MONTEIRO

Orientador: \_\_\_\_\_  
Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior – UFRPE

Examinadores: \_\_\_\_\_  
José Wagner da Silva Melo – UFC

\_\_\_\_\_

Wendel José Telles Pontes – UFPE

\_\_\_\_\_

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira – UFRPE

\_\_\_\_\_

Reginaldo Barros – UFRPE

## DEDICATÓRIA

A Deus.

Aos meus pais Luiz Candido Monteiro e Josefa Pereira Barbosa Candido Monteiro.

Aos meus irmãos e sobrinhos.

A meus avós.

A minha tia Neco.

Ao meu esposo e amigo Adriano de Souza Leite.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua infinita grandeza está presente em todos os momentos da minha vida, por me dar o amor mais único, verdadeiro e insubstituível, por me proporcionar a força e saúde necessária para realizar meus sonhos e me ajudar a concluir as etapas da minha vida, e me guiar por onde for me mostrando sempre o melhor caminho a seguir, me dando sempre sabedoria nas minhas escolhas. A intercessão da minha mãe Maria Santíssima presente em cada detalhe da minha vida.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) por todo aprendizado científico que me propiciou realizar esse trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo que tornou possível esta pesquisa.

Aos meus pais Luiz C. Monteiro e Josefa P. B. C. Monteiro por serem meus eternos professores, meus presentes de Deus, por me ajudar a me transformar na pessoa que sou hoje, me dar amor e sempre me estimular, ajudar e investir em meus estudos me proporcionando uma educação de qualidade.

A minha irmã Ana Karyna pelo seu apoio, e que me deu minha sobrinha Natália, minha companheira mirim, que me dá alegria em todas as horas. Aos meus irmãos Luciana, Patricia e Marcio, e sobrinhos Marcio Jr., Mateus, Ruan, Cauã e Marcelinho que me apoiam em todas as minhas decisões.

Aos meus tios, primos e primas, em especial minha grande incentivadora Tia Necy por me incentivar desde a iniciação científica a seguir a carreira acadêmica. À memória de Lúcia

Vasconcelos Barbosa, minha querida tia que sempre se preocupou com meu desempenho nos estudos.

Ao meu esposo Adriano de Souza Leite por estar sempre ao meu lado nas minhas decisões, ser paciente e me entender nos momentos em que me dediquei a esta Tese e não pude dar a atenção necessária, no entanto, fui retribuída com amor, carinho e dedicação. A sua família Souza e Leite pela torcida e ajuda necessária em todos os momentos.

Ao meu orientador Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior, que desde a iniciação científica acompanha meu desenvolvimento me orientando nos trabalhos, e me transformando na profissional que sou hoje, e quanto a isso não tenho palavras para descrever minha gratidão.

A minha Co-orientadora e amiga Debora Barbosa de Lima por toda sua ajuda e contribuição neste trabalho, o meu muito obrigada por todos os momentos que solicitei o sua ajuda e nunca me foi negada mesmo nos horários mais complicados e em dias de feriados.

Ao professor Raul Narciso Carvalho Guedes que mesmo distante me ajudou nas ideias e análises deste trabalho.

Ao professor Jose Wagner da Silva Melo na construção das ideias e auxílio nas análises estatísticas desta Tese, por sempre atender aos meus questionamentos, que não foram poucos, me explicando tudo da melhor forma possível.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola (PPGEA) por todos os ensinamentos.

As minhas amigas Karine Duarte, Sara Lígia, Elis Helena e Jeaninne Azevedo. Aos meus amigos Kleber Nascimento, Rodrigo Cesar e Victor Hugo. A minha amiga Kamilla Dutra por compartilhar todos os momentos acadêmicos e pessoais comigo. As minhas amigas Elaine e Franciele pela companhia nos momentos complicados da pós-graduação. Aos colegas de turma,

aos quais tenho grande carinho pelo companheirismo, e momentos alegres que me proporcionaram.

Aos amigos do laboratório de Acarologia Agrícola Girleide França, Erica Calvet e Antonio Almeida, Vanessa Farias, Andrea Glavão, Ana Elizabet, Cleiton Domingos, Carla Patricia, Cecilia Sanguinetti e Hellen Oliveira, pelo carinho e atenção. Aos funcionários da Universidade Federal Rural de Pernambuco Marcello Medeiros, Darci Martins Correia da Silva e José Romildo Nunes pela competência e eficiência na prestação de serviços.

Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento deste estudo me apoiando e confiando em sua conclusão.

## SUMÁRIO

|   | Página |
|---|--------|
| AGRADECIMENTOS .....  | ix     |
| CAPÍTULOS   |        |
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 1      |
| LITERATURA CITADA.....  | 12     |
| 2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PRINCIPAIS PREDADORES DO ÁCARO-DO-COQUEIRO E IMPLICAÇÕES NO MANEJO .....  | 23     |
| RESUMO .....  | 24     |
| ABSTRACT .....  | 25     |
| INTRODUÇÃO .....  | 26     |
| MATERIAL E MÉTODOS .....  | 28     |
| RESULTADOS.....   | 29     |
| DISCUSSÃO.....  | 30     |
| AGRADECIMENTOS.....   | 33     |
| LITERATURA CITADA.....  | 34     |
| 3 SOBREVIVÊNCIA E CAMINHAMENTO DE <i>Neoseiulus baraki</i> (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) NA AUSÊNCIA DE ALIMENTO, SOB DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS: UMA ABORDAGEM SOBRE DISPERSÃO INTRAPLANTA ..... | 41     |
| RESUMO .....  | 42     |
| ABSTRACT .....  | 43     |
| INTRODUÇÃO .....  | 44     |

|   |  |    |
|---|--|----|
|   | MATERIAL E MÉTODOS .....   | 46 |
|   | RESULTADOS.....  | 51 |
|   | DISCUSSÃO.....   | 52 |
|   | AGRADECIMENTOS.....  | 55 |
|   | LITERATURA CITADA.....   | 55 |
| 4 | COLONIZAÇÃO DE <i>Neoseiulus baraki</i> (ATHIAS-HENRIOT) MEDIADA POR<br>ACARICIDAS EM FRUTOS INFESTADOS COM O ÁCARO-DO-<br>COQUEIRO .....                | 67 |
|   | RESUMO .....   | 68 |
|   | ABSTRACT .....   | 69 |
|   | INTRODUÇÃO .....   | 70 |
|   | MATERIAL E MÉTODOS .....   | 72 |
|   | RESULTADOS.....  | 76 |
|   | DISCUSSÃO.....   | 77 |
|   | AGRADECIMENTOS.....  | 79 |
|   | LITERATURA CITADA.....   | 79 |
| 5 | PESTICIDAS E DISPERSÃO AÉREA: ACARICIDAS E PRIVAÇÃO<br>ALIMENTAR INDUZEM A DECOLAGEM DO ÁCARO PREDADOR<br><i>Neoseiulus baraki</i> (ATHIAS-HENRIOT)..... | 87 |
|   | RESUMO .....   | 88 |
|   | ABSTRACT .....   | 89 |
|   | INTRODUÇÃO .....   | 90 |
|   | MATERIAL E MÉTODOS .....   | 93 |
|   | RESULTADOS.....  | 96 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| DISCUSSÃO.....               | 98  |
| AGRADECIMENTOS.....          | 102 |
| LITERATURA CITADA.....       | 102 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... | 111 |

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) se destaca por apresentar elevada importância econômica e social em todas as regiões tropicais do mundo (Siqueira *et al.* 2002). O provável centro de origem do coqueiro é o extremo Sudeste da Ásia, nas ilhas do Pacífico de Papua Nova Guiné, baseando-se em evidências moleculares (Lebrun *et al.* 1998, Gunn *et al.* 2011). A dispersão do coqueiro da Ásia para África, provavelmente, iniciou quando Vasco da Gama em 1499 introduziu no arquipélago de Cabo Verde, sementes de coco oriundas da região do oceano Índico (Harries 1978). A migração dos povos e correntes marítimas dos oceanos Índico e Pacífico favoreceu a distribuição do coqueiro em ilhas e região costeira, entre a costa leste da África e a costa atlântica da América (Foale & Harries 2009). No entanto, a hipótese mais aceita sugere que a disseminação do coqueiro para a América foi através de colonizadores portugueses, que levaram da ilha de Cabo Verde e São Tomé na África para Porto Rico, República Dominicana e anos depois para o Brasil (Harries 1978, Foale & Harries 2009). No Brasil, o coqueiro foi introduzido pelos portugueses em 1553, no estado da Bahia, proveniente de Cabo Verde, África (Harries 1978).

O coqueiro é cultivado comercialmente em aproximadamente 12 milhões de hectares em mais de 92 países (Faostat 2013). Cerca de 90% da produção mundial é oriunda de pequenos produtores, e a maioria dessa produção é consumida internamente nos países produtores (Martins & Jesus Jr. 2011). O continente Asiático é o maior produtor de coco com aproximadamente 84% da produção mundial, seguidos pelo continente Americano com 8,2%, Oceania com 4,2% e por último África com 3,5% (Faostat 2013). Os principais países produtores são: Indonésia, seguido por Filipinas, Índia, Brasil e Sri Lanka. O Brasil se destaca com mais de 80% da produção de coco

da América do Sul, e apresenta uma produção de 2,8 milhões de toneladas e área plantada de aproximadamente 257.000 hectares (Faostat 2013). Essa posição de destaque é dada principalmente pelo incremento tecnológico e o cultivo de variedades anãs e híbridas (Martins & Jesus Jr. 2011). A comercialização do coco é realizada ao longo do ano, com um fluxo contínuo durante a vida produtiva do coqueiro. Dentre os maiores produtores brasileiros, destacam-se os estados da Bahia, Sergipe, Pará, Ceará, Espírito Santo e Pernambuco (IBGE 2014). O coqueiro é cultivado geralmente em regiões litorâneas, no entanto, a produção nacional de coco tem se expandido principalmente para a região semiárida do Nordeste brasileiro, onde a tecnologia empregada na irrigação tem aumentado a produtividade (Fontes & Wanderley 2006).

Os frutos de coqueiro podem ser utilizados para comercialização *in natura* e também para a produção de diversos derivados utilizados na indústria alimentícia e cosmética como: óleo, leite de coco, coco ralado e farinha de coco. A fibra do fruto (mesocarpo) pode ser utilizada para fabricação de cordas, tapetes, colchões e estofados (Aragão *et al.* 2002, Siqueira *et al.* 2002, Foale & Harries 2009). No Brasil, a produção de coqueiro é destinada principalmente a agroindústria para fabricação de coco ralado e leite de coco, e comercialização para o consumo *in natura* da água (albúmen líquido) (Aragão *et al.* 2002, Fontes & Wanderley 2006). A partir do ano de 2005 houve um incremento nas exportações brasileiras de água de coco envasada, apresentando como principais países importadores a Argentina, EUA e Egito (Agriannual 2011). Contudo, apesar do Brasil ser um grande produtor de coco, realiza importações de coco ralado principalmente da Indonésia para suprir a grande demanda industrial (Martins & Jesus Jr. 2011).

A expansão da área plantada do coqueiro no Brasil nos últimos anos promoveu o agravamento e ocorrência de problemas fitossanitários, dentre eles, a ocorrência de diversas espécies de ácaros fitófagos. O ácaro da necrose do coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), é considerada uma das principais pragas desta palmeira no mundo (More & Howard

1996, Fernando *et al.* 2002, Lawson-Balagbo *et al.* 2008a, Negloh *et al.* 2011). Esse eriofiídeo foi descrito por Keifer em 1965 a partir de espécimes oriundos do estado de Guerreiro no México (Keifer 1965) em *C. nucifera*. No Brasil, foi registrado no mesmo ano no estado do Rio de Janeiro (Robbs & Peracchi 1965), e posteriormente no estado de Pernambuco (Aquino & Arruda 1967). Atualmente, *A. guerreronis* está presente em coqueiros de todas as regiões produtoras do país (Alencar *et al.* 1999, Lawson-Balagbo *et al.* 2008a, Oliveira *et al.* 2012). *Aceria guerreronis* apresenta estrita associação com o coqueiro, ocorrendo em seus frutos e flecha (Gondim *et al.* 2000, Navia & Fletchmann 2002, Navia 2004), contudo também foi encontrado em frutos de *Borassus flabellifer* Linn. (Ramaraju & Rabindra 2002), em *Lytocaryum weddellianum* (H.Wendl.) (Flechtmann 1989) e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. (Ansaloni & Perring 2004).

*Aceria guerreronis* possui corpo alongado (aproximadamente 205-255µm de comprimento e 36-52µm de largura), vermiforme, com apenas dois pares de pernas em todos os estágios pós-embrionários (Keifer 1965). Ao longo do desenvolvimento passa pelos estágios de ovo, larva, ninfa e adulto (Ansaloni & Perring 2004). O desenvolvimento pós-embrionário dos ácaros dura de 6,8 a 8,1 dias quando submetidos à temperatura de 35 e 30°C, respectivamente, e alta taxa reprodutiva (Haq *et al.* 2002, Ansaloni & Perring 2004). As colônias desse eriofiídeo localizam-se no perianto do fruto, região coberta pelas brácteas (Haq *et al.* 2002, Fernando *et al.* 2003, Lawson-Balagbo *et al.* 2007a) e está presente em frutos de diferentes idades (Fernando *et al.* 2003). Galvão *et al.* (2011a) verificaram que cachos a partir de dois meses de idade apresentam em média 130 indivíduos de *A. guerreronis*/fruto. A densidade populacional desse ácaro aumenta, atingindo o pico no cacho com quatro meses de idade, posteriormente observa-se uma redução populacional. A partir do cacho quatro, *A. guerreronis* tende a sair da região do perianto do fruto estimulado pela competição interespecífica, redução da qualidade do alimento e ação de

predadores, se dispersando em busca de frutos mais novos e não infestados (Lawson-balagbo *et al.* 2007a, Galvão *et al.* 2012, Melo *et al.* 2014a).

O dano inicial causado pelo ácaro é uma mancha branca de formato triangular na epiderme do fruto. Posteriormente, com o crescimento do fruto, essas manchas se tornam necróticas, e frequentemente surgem pontos de exsudação de resina. A maioria dos frutos infestados aborta prematuramente (Mariau 1977, Moore & Howard 1996, Nair 2002, Melo *et al.* 2012). As infestações de *A. guerreronis*, quando ocorrem no início do desenvolvimento dos frutos, causam perdas mais acentuadas (Mariau 1986). As perdas causadas por *A. guerreronis* foram estimadas por pesquisadores em diversos países da África, América, Ásia e Oriente Médio, baseados em diferentes parâmetros (Navia *et al.* 2013). Dentre os parâmetros avaliados destacam-se: a redução na quantidade de frutos por planta, volume de albúmen líquido, albúmen sólido, rendimento da casca para obtenção de fibra, peso e tamanho dos frutos, comprometimento do destino final dos frutos e redução do valor comercial (Júlia & Mariau 1979, Haq *et al.* 2002, Seguni 2002, Paul & Mathew 2002, Rezende *et al.* 2016), contribuindo para a redução da rentabilidade dos produtores. Para o semiárido nordestino, a redução da produção foi estimada em até 69% na variedade anã verde (Rezende *et al.* 2016).

O controle de *A. guerreronis* é realizado, normalmente, através da pulverização de acaricidas direcionada aos frutos (Moore & Alexander 1987, Moreira & Nascimento 2002, Ramaraju *et al.* 2002). Contudo, a ação dos acaricidas sobre *A. guerreronis* é dificultada por que esse ácaro habita o perianto, região do fruto coberto por brácteas (Ferreira *et al.* 2002, Haq *et al.* 2002, Melo *et al.* 2012, Monteiro *et al.* 2012), promovendo uma barreira física que impede o contato direto dos acaricidas com as colônias de *A. guerreronis* (Silva *et al.* 2017). A ação tóxica dos acaricidas sobre *A. guerreronis* só ocorre quando estes saem do perianto para se dispersar. Então, os ácaros entram em contato direto com a epiderme do fruto e o resíduo dos produtos,

levando-os a morte (Silva *et al.* 2017). Diante dessa dificuldade, o controle biológico tem sido muito estudado com o objetivo de encontrar ácaros predadores eficientes para realizar o controle de *A. guerreronis*.

Os principais inimigos naturais de ácaros fitófagos são os ácaros predadores da família Phytoseiidae (Chant 1985, van de Vrie 1985, McMurtry & Croft 1997, Moraes 2002, Gerson *et al.* 2003, McMurtry *et al.* 2013). Os fitoseídeos são predadores muito eficientes na regulação populacional de ácaros fitófagos devido ao baixo requerimento alimentar, rápido desenvolvimento, alta habilidade de forrageamento, persistência em plantas com baixa infestação de presas e capacidade de sobrevivência em substratos alternativos (McMurtry & Croft 1997, McMurtry *et al.* 2013). Diversas espécies de ácaros predadores foram relatadas presentes em frutos de coqueiro associados a *A. guerreronis* como: *Lasioseius subterraneus* Chant. (Acari: Blatisociidae), *Proctolaelaps bickley* (Bram), *Proctolaelaps bulbosus* Moraes, Reis & Gondim Jr. (Acari: Melicharidae), *Amblyseius largoensis* (Muma), *Amblyseius neochiapensis* Lofego, Moraes & McMurty, *Amblyseius operculatus* De Leon, *Euseius alatus* De Leon, *Euseius citrifolius* Denmark & Muma, *Galendromus* sp. Muma, *Iphiseiodes degenerans* Berlese, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, *Proprioseiopsis cannaensis* Muma, *Proprioseiopsis neotropicus* (Ehara), *Proprioseiopsis ovatus* (Garman), *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot), *Neoseiulus neobaraki* Zannou, Moraes & Oliveira, *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon) e *Neoseiulus recifensis* Gondim Jr. & Moraes (Acari: Phytoseiidae) (Fernando *et al.* 2003, Lawson-Balagbo *et al.* 2007a, Reis *et al.* 2008, Negloh *et al.* 2011, Aratchige *et al.* 2012, Lima *et al.* 2012, Oliveira 2012). No Brasil, as espécies frequentemente associadas a *A. guerreronis* no perianto do fruto são *N. baraki* e *N. paspalivorus* (Lawson-Balagbo *et al.* 2008a, Reis *et al.* 2008, Domingos *et al.* 2010, Lima *et al.* 2012).

Ácaros do gênero *Neoseiulus* (Família: Phytoseiidae) são os que mais se destacam como agentes de controle biológico de *A. guerreronis* (Lawson-Balagbo *et al.* 2008b, Negloh *et al.* 2010, Lima *et al.* 2012). *Neoseiulus baraki* e *N. paspalivorus* pertencem ao grupo *paspalivorus* e são predadores generalistas adaptados a viver em espaços confinados de plantas monocotiledôneas, entre bainhas de folhas ou entre brácteas e superfícies subjacentes (McMurtry *et al.* 2013). As espécies *N. baraki* e *N. paspalivorus* apresentam o corpo achatado e setas dorsais curtas (Moraes *et al.* 2004) e isto possibilita seu acesso a *A. guerreronis* que fica situado entre as brácteas e a epiderme do fruto do coqueiro (perianto) (Lima *et al.* 2012, Melo *et al.* 2015).

*Neoseiulus baraki* foi descrito por Athias-Henriot a partir de espécimes coletados em Argélia, Argélia, em plantas do gênero *Phalaris* sp. (Poaceae) (Athias-Henriot 1966). Posteriormente, esse fitoseídeo foi encontrado em outros hospedeiros como: *Salvia* sp. (Wu 1986), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) (Gupta 1977), *Oriza sativa* L. (Ramos & Moraes 2007, Quiroz-McIntire & Rodriguez 2010, Rodriguez-Morell *et al.* 2013), *Manihot esculenta* Crantz (Zannou *et al.* 2005), em frutos de *Borassus flabellifer* L. (Moraes *et al.* 2004) e principalmente em frutos do coqueiro (Moraes *et al.* 2004, Lawson-Balagbo *et al.* 2008a, Reis *et al.* 2008, Rezende *et al.* 2015). *Neoseiulus baraki* está presente na África (Zannou *et al.* 2006, Negloh *et al.* 2011, Famah Sourassou *et al.* 2012), América Central (Ramos & Moraes 2007, Rodriguez-Morell *et al.* 2013), América do Sul (Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008, Rezende *et al.* 2015) e Ásia (Moraes *et al.* 2004, Oliveira *et al.* 2012). No Brasil, esse predador encontra-se distribuído nos estados da região Norte (Pará) e Nordeste (Alagoas, Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco) (Lawson-Balagbo *et al.* 2008a, Reis *et al.* 2008). No estado de Pernambuco, *N. baraki* é a espécie mais frequente e abundante em associação a *A. guerreronis* (Reis *et al.* 2008, Lima *et al.* 2012).

*Neoseiulus baraki* possui um desenvolvimento de 5,7 dias e longevidade da fêmea de aproximadamente 20 dias, quando alimentados com *A. guerreronis* a 27°C (Domingos *et al.* 2010). Este fitoseídeo acessa a região do perianto após o estabelecimento de *A. guerreronis*. Eles começam a entrar por baixo das brácteas em frutos de três meses de idade, infestados com o eriofídeo (Lima *et al.* 2012), mas só atingem o pico populacional em frutos do cacho 5 (cinco meses de idade), posteriormente, a população do predador começa a reduzir devido a diminuição da população da praga (Galvão *et al.* 2011a). *Neoseiulus baraki* apresenta alta taxa de predação, capacidade de localizar e preferir partes da planta infestadas com *A. guerreronis* (Melo *et al.* 2011, Lima *et al.* 2012). Contudo, apesar de apresentar essas características, apenas a população natural de campo não tem sido suficiente para controlar a população de *A. guerreronis* de forma que ela não cause perdas ao produtor. Isto tem levado os produtores à utilização de acaricidas.

*Neoseiulus paspalivorus* foi descrito por De Leon a partir de espécimes coletados em Coral Glabes, Flórida, em plantas do gênero *Paspalum* sp. (Poaceae) e associados a colônias de *Steneotarsonemus paspali* DeLeon e *Steneotarsonemus furcatus* De Leon (De Leon 1957). Posteriormente, esse fitoseídeo foi encontrado em outros hospedeiros como: arroz (Ramos & Rodriguez 2004, Ramos & Moraes 2007), coqueiro (Lawson-Balagbo *et al.* 2008a, Reis *et al.* 2008, Famah Sourassou *et al.* 2011, Ostovan *et al.* 2012, Rezende *et al.* 2015) e em plantas herbáceas presentes no solo da cultura de citrus (Kreiter *et al.* 2013). Esse ácaro está presente no continente africano (Kreiter *et al.* 2010, Famah Sourassou *et al.* 2011), americano (Denmark & Muma 1978, Ramos & Moraes 2007, Lawson-Balagbo *et al.* 2008a, Reis *et al.* 2008, Denmark & Evans 2011, Rezende *et al.* 2015) e asiático (Gupta 1986, Moraes *et al.* 2004b, Ostovan *et al.* 2012). No Brasil, esse predador encontra-se distribuído nos estados da região Norte (Pará) e Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Sergipe) (Lawson-Balagbo *et al.* 2008a, Reis *et al.* 2008). *Neoseiulus paspalivorus* é um

importante agente promissor para o controle biológico de *A. guerreronis* em coqueiros, pois apresenta tamanho corporal reduzido o que facilita a entrada na região sob as bracteas após liberações (Silva *et al.* 2016).

Os organismos de um modo geral têm a dispersão como um processo essencial para a sobrevivência (Safriel & Ritte 1980) e tem consequências para a dinâmica populacional, distribuição espacial e genética das populações (Bowler & Benton 2005). A dispersão pode ser subdividida em três etapas: a saída de um local (emigração), movimento entre habitats (deslocamento) e estabelecimento em outro local (imigração) (Begon *et al.* 2007, Ronce 2007, Clobert *et al.* 2009). Os ácaros utilizam a dispersão para a expansão de suas populações (Oliveira *et al.* 2006), podendo ser de forma passiva ou ativa (Evans 1992, Gerson *et al.* 2003). A dispersão passiva pode ser realizada através do transporte de partes de plantas infestadas devido à ação antrópica. Os ácaros podem ativamente expressar um comportamento que possibilita a sua fixação no corpo de outros organismos (forésia) (Evans 1992) ou possibilita seu lançamento “decolagem” (Melo *et al.* 2014b) em correntes aéreas que os transportam a maiores distâncias (Pratt *et al.* 1998, Tixier *et al.* 1998). A dispersão também é realizada através do caminhar dos próprios ácaros e este deslocamento se dá a curtas distâncias entre partes da mesma planta e entre plantas vizinhas ou próximas (Sabelis & Dicke 1985, Croft & Jung 2001).

A dispersão de ácaros da Ordem Mesostigmata por forésia pode ser realizada por vários animais, mas os insetos são os mais comuns, principalmente das ordens: Coleoptera, Diptera e Hymenoptera (Sabelis & Dicke 1985, Perotti & Braig 2009). As famílias de ácaros Mesostigmata mais relatadas se dispersando por forésia são: Ameroseiidae, Ascidae, Macrochelidae, Pachylaelapidae, Parasitidae e Uropodidae (Hunter & Rosário 1988). Espécies de *Proctolaelaps* (Melicharidae) foram relatadas realizando forésia através da abelha *Bombus morio* Swedurus (Hymenoptera: Apidae) (Guerra *et al.* 2012). O gênero *Proctolaelaps* realiza forésia não só em

abelhas, mas também em aves e mamíferos (Krantz & Walter 2009). A dispersão por forésia é pouco relatada para Phytoseiidae (Sabelis & Dicke 1985, Hunter & Rosário 1988), porém existem alguns relatos como, por exemplo: *Typhlodromus tiliarum* Oudemans em Lepidoptera (Noctuidae), *Amblyseius* sp. em Diptera (Ceratopogonidae) e *Amblyseius aberrans* (Oud.) em Hemiptera (Aphididae) (Sabelis & Dicke 1985).

A dispersão aérea realizada por fitoseídeos é importante para colonização a longa distância (Pratt *et al.* 1998, Tixier *et al.* 1998). Este tipo de dispersão favorece alguns ácaros predadores a chegar mais rápido a uma planta isolada ou plantio (Pratt *et al.* 1998). No entanto, a dispersão através do vento proporciona maior risco de mortalidade, quando comparado com a dispersão por caminamento (Nachman 1988). Ao se dispersar pelo vento, os ácaros predadores não têm total controle de onde eles vão chegar. Assim, ao serem depositados (pousar) eles podem se dispersar novamente pelo vento ou procurar presas através do caminamento. Contudo, a probabilidade de “pousarem” sobre plantas não hospedeiras ou sem suas presas preferenciais é grande (Jung & Croft 2000). A dispersão aérea pode ser precedida de comportamentos apresentados pelo ácaro (Moraes & Fletchmann 2008, Melo *et al.* 2014), pois este apresenta estruturas sensoriais que podem estar presentes nos apêndices, e que apresentam função mecanorreceptora e quimiorreceptora, que supostamente percebem o movimento do ar e moléculas dispersas (Moraes & Fletchmann 2008). Já foi observado que fitoseídeos ao perceberem a presença de correntes aéreas levantaram as pernas anteriores do corpo e posteriormente se projetaram no ar (Johnson & Croft 1976). O comportamento de levantar as pernas anteriores pode proporcionar menor resistência ao vento, e assim serem levados mais facilmente ao invés das pernas estarem abaixadas, tocando a superfície (Washburn & Washburn 1983, Osakabe *et al.* 2008).

A dispersão de ácaros por caminamento ocorre a pequenas distâncias, na mesma planta ou entre plantas vizinhas, podendo ser motivada, frequentemente, quando há escassez de alimento ou

competição intra e interespecífica, e objetiva encontrar locais para alimentação, oviposição e abrigo (Sabelis & Dicke 1985, Croft & Jung 2001).

O comportamento de dispersão pode ser influenciado por diversos fatores (Berry & Holtzer 1990, Auger *et al.* 1999, Clobert *et al.* 2009, Ghazy *et al.* 2016). Sabelis & Afman (1994) verificaram que a baixa umidade relativa do ar, privação alimentar, velocidade do vento e voláteis emitidos por plantas infestadas por *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) influenciaram a dispersão de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Segundo esses autores, a “decolagem” do ácaro predador na corrente aérea depende do seu peso corporal e da força exercida pelo vento sobre ele. Ácaros fitoseídeos submetidos à baixa umidade relativa do ar apresentaram maior percentual de dispersão quando comparado a umidade relativa acima de 80% (Auger *et al.* 1999). A influência da umidade relativa do ar em ácaros está relacionada com a intensidade de troca de vapor de água entre o corpo do ácaro e a atmosfera (Gaede 1992, Moraes & Flechtmann 2008). Assim, quando submetidos à baixa umidade relativa do ar, ácaros fitoseídeos se dispersam para evitar a desidratação (Auger *et al.* 1999). A dispersão também é influenciada por diferentes fases da vida. Deutoninfas e fêmeas jovens são mais ativas e tendem a se dispersar mais do que outros estágios (Monetti & Croft 1997, Auger *et al.* 1999). Esses estágios precisam de mais energia para se desenvolver e provavelmente se dispersam quando o ambiente está pobre em alimento (Auger *et al.* 1999) e sua escassez pode influenciar a dispersão (Ghazy *et al.* 2016). Portanto, a densidade de presas é um fator determinante quando esse recurso se torna escasso (Berry & Holtzer 1990, Zemek & Nachman 1998, Auger *et al.* 1999, Pels & Sabelis 1999, Croft & Jung 2001). Além disso, é possível que agrotóxicos utilizados nos sistemas agrícolas por causarem estresse, influenciem na dispersão de inimigos naturais (Guedes *et al.* 2016).

A presença de acaricidas pode afetar não só a espécie alvo, como também a mobilidade de inimigos naturais devido à ação na atividade neural e muscular (Desneux *et al.* 2007, Guedes *et*

al. 2016). Os acaricidas abamectina, azadiractina e fenpiroximato são frequentemente utilizados para o controle de *A. guerreronis* (MAPA 2017). Abamectina pode alterar o comportamento de dispersão de inimigos naturais, pois se trata de um composto neurotóxico que se liga aos receptores de GABA em sinapses inibitórias, resultando em paralisia (Jansson & Dybes 1998). Azadiractina, apesar de ser um regulador de crescimento, pode atuar provocando a evasão do local contaminado (Cordeiro *et al.* 2010, Mordue *et al.* 2010, Lima *et al.* 2013). Fenpiroximato possui modo de ação inibindo o transporte de elétrons, prejudicando a respiração do organismo (Lümmen 1998, Dekeyser 2005), assim pode também alterar a dispersão dos ácaros. Inimigos naturais de *A. guerreronis*, como *N. baraki*, quando submetidos a doses subletais de acaricidas podem ter seu comportamento alterado, devido a respostas tóxicas associadas a essa exposição (Lima *et al.* 2013, 2016, Guedes *et al.* 2016, 2017). A evasão comportamental de artrópodes devido a exposição a inseticidas/acaricidas geralmente resulta em repelência e/ou irritabilidade (Desneux *et al.* 2007, Guedes *et al.* 2016, 2017).

A repelência é o comportamento realizado pelos artrópodes quando detectam a presença de tóxicos no ambiente e evitam o contato direto com a área contaminada, e irritabilidade quando após o contato direto com o tóxico os artrópodes se dispersam para áreas sem a presença dessas substâncias (Roberts *et al.* 1997, Desneux *et al.* 2007). A irritabilidade e repelência causada pela exposição a alguns acaricidas podem, inclusive, proporcionar a dispersão do inimigo natural *N. baraki* (Lima *et al.* 2013). Portanto, o estresse induzido por inseticidas no comportamento dos artrópodes pode afetar sua dispersão, dinâmica populacional e influenciar direta ou indiretamente o manejo de pragas (Guedes *et al.* 2016).

O objetivo desse trabalho foi: (i) predizer a distribuição espacial de *A. guerreronis* e de seus principais predadores no Brasil; (ii) investigar a capacidade de dispersão por caminhamento de *N. baraki* na colonização dos frutos e sua sobrevivência em diferentes condições de temperatura e

umidade relativa na ausência de alimento, e em diferentes escalas espaciais; (iii) investigar a possibilidade de *N. baraki* colonizar frutos infestados com o ácaro do coqueiro, pulverizados com acaricidas, em diferentes escalas espaciais; (iv) verificar se a privação alimentar e a presença de acaricidas interferem na decolagem para a dispersão aérea de *N. baraki*. Dessa forma, pretende-se fornecer informações bioecológicas de *N. baraki* que possam servir de base para melhorar as atuais táticas de controle do ácaro do coqueiro.

### Literatura Citada

- Agrianual. 2011.** Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, FNP, 482p.
- Alencar, J.A., F.N.P. Haji & F.R.B. Moreira. 1999.** Acaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis*: Aspectos bioecológicos, sintomas, danos e medidas de controle. Petrolina, Embrapa Semi-Arido, 18p.
- Ansalconi, T. & T.M. Perring. 2004.** Biology of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) on queen palm, *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae). Int. J. Acarol. 30: 63-70.
- Aquino, M.L.N. & G.P. Arruda. 1967.** Agente causal da “necrose-do-olho-coqueiro” em Pernambuco. Recife, IPA, 33p.
- Aragão, W.M., J.M. Resende, E.M.O. Cruz, C.S. Reis, O.J. Saggin Junior, J.A. Alencar, W.A. Moreira, F.R. Paula & J.M.P. Lima Filho. 2002.** Fruto do coqueiro para consumo natural, p. 19-25. In W.M. Aragão (ed.), Coco: Pós-colheita. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 292p.
- Aratchige, N.S., L.C. Fernando, K.P. Waidyaratne & K.A. Chandrasiri. 2012.** Population dynamics of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its predatory mite, *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae) in two growing áreas in Sri Lanka. Exp. Appl. Acarol. 56: 319-325.
- Athias-Henriot, C. 1966.** Contributin a l’ etudedes *Amblyseius* paleartiques (Acariensanactinotriches, Phytoseiide). Bull. Soc. Sci. Nat. Dijon 24: 181-230.
- Auger, P., M.S. Tixier, S. Kreiter & G. Fauvel. 1999.** Factors affecting ambulatory dispersal in the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 23: 235-250.

- Begon, M., C.R. Towsend & J.L. Harper. 2007.** Organismos, p. 162-185. In M. Begon, C.R. Towsend & J.L. Harper (eds.), *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Porto Alegre, Artmed, 752p.
- Berry, J.S. & T.O. Holtzer. 1990.** Ambulatory dispersal behavior of *Neoseiulus fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in relation to prey density and temperature. *Exp. Appl. Acarol.* 8: 253-274.
- Bowler, D.E. & T.G. Benton. 2005.** Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behavior to spatial dynamics. *Biol. Rev.* 80: 205-225.
- Chant, D.A. 1985.** Biosystematics, p. 31-35. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds.), *Spider mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier, 458p.
- Clobert, J., J.-F. Le Galliard, J. Cote, S. Meylan & M. Massot. 2009.** Informed dispersal, heterogeneity in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations. *Ecol. Lett.* 12: 197-209.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa, M. Venzon & R.N.C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352-1357.
- Croft, B.A. & C. Jung. 2001.** Phytoseiid dispersal at plant to regional levels: a review with emphasis on management of *Neoseiulus fallacis* in diverse agroecosystems. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 763-784.
- De Leon, D. 1957.** Three new *Typhlodromus* from Southern Florida (Acarina: Phytoseiidae). *Fla. Entomol.* 40: 141-144.
- Dekeyser, M.A. 2005.** Acaricide mode of action. *Pest. Manag. Sci.* 61: 103-110.
- Denmark, H.A. & G.A. Evans. 2011.** Phytoseiid of North America and Hawaii (Acari: Mesostigmata). West Bloomfield, Indira Publishing House, 451p.
- Denmark, H.A. & M.H. Muma. 1978.** Phytoseiidae of Jamaica, an annotated list (Acari: Mesostigmata). *Int. J. Acarol.* 4: 1-22.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Domingos, C.A., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, L.M. Lawson-Balagbo & P. Schausberger. 2010.** Diet-dependent life history, feeding preference and thermal requirements of the predatory mite *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 50: 201-215.
- Evans, G.O. 1992.** Principles of Acarology. Wallingford, C.A.B. International, 563p.

- Famah Sourassou, N., R. Hanna, I. Zannou, G.J. Moraes, K. Negloh & M.W. Sabelis. 2011.** Morphological variation and reproductive incompatibility of three coconut-mite-associated population of predatory mites identified as *Neoseiulus paspalivorus* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 53: 323-338.
- Famah Sourassou, N., R. Hanna, I. Zannou, J.A.J. Breeuwer, G.J. Moraes & M.W. Sabelis. 2012.** Morphological, molecular and cross-breeding analysis of geographic populations of coconut-mite-associated predatory mites identified as *Neoseiulus baraki*: evidence for cryptic species? Exp. Appl. Acarol. 57: 15-36.
- Faostat. 2013.** Coconut. Disponível em <<http://faostat3.fao.org/faostagateway/go/to/download/Q/QC/E>>, Acessado em 04 de junho de 2015.
- Fernando, L.C.P., I.R. Wickramanada & N.S. Aratchige. 2002.** Status of coconut mite, *Aceria guerreronis* in Sri Lanka, p. 1-8. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramanada (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Fernando, L.C.P., N.S. Aratchige & T.S.G. Peiris. 2003.** Distribution patterns of coconut mite, *Aceria guerreronis*, and its predator *Neoseiulus* aff. *paspalivorus* in coconut palms. Exp. Appl. Acarol. 31: 71-78.
- Ferreira, J.M.S., M. Michereff Filho & P.M.P. Lins. 2002.** Pragas do coqueiro: características, amostragem, nível de ação e principais métodos de controle, p. 11-72. In J.M.S. Ferreira & M. Michereff Filho (eds.), Produção integrada de coco: Práticas fitossanitárias. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 107p.
- Flechtmann, C.H.W. 1989.** *Cocos weddelliana* H. Wendl. (Palmae: Arecaceae), a new host plant for *Eriophyes guerreronis* (Keifer, 1965) (Acari: Eriophyidae) in Brazil. Int. J. Acarol. 15: 241.
- Foale, M. & H. Harries 2009.** Farm and forestry production and marketing profile for coconut (*Cocos nucifera*). In: Elevitch, C.R. (Ed.). Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry, Honolulu, Hawaii: Permanent Agriculture Resources (PAR). Disponível em: <<http://agroforestry.net/scps>>. Acesso em: 02 jun. 2016.
- Fontes, H.R. & M. Wanderley. 2006.** Situação atual e perspectiva para a cultura do coqueiro no Brasil. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 16p.
- Gaede, K. 1992.** On the water balance of *Phytoseiulus persimilis* A.-H. and its ecological significance. Exp. Appl. Acarol. 15: 181-198.
- Galvão, A.S., J.W.S. Melo, V.B. Monteiro, D.B. Lima, G.J. Moraes & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest. Exp. Appl. Acarol. 57: 1-13.

- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.W.S. Melo. 2011a.** Distribution of *Aceria guerreronis* and *Neoseiulus baraki* among and with on coconut bunches in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 54: 373-384.
- Gerson, U., R.L. Smiley & R. Ochoa. 2003.** Mites (Acari) for pest control. UK, Blackwell, 521p.
- Ghazy, N.A., M. Osakabe, M.W. Negm, P. Schausberger, T. Gotoh & H. Amano. 2016.** Phytoseiid mites under environmental stress. *Bio. Control* 96: 120-134.
- Gondim Jr., M.G.C., C.H.W. Flechtmann & G.J. Moraes. 2000.** Mite (Arthropoda: Acari) associates of palms (Arecaceae) in Brazil. V. Descriptions of four new species in the Eriophyoidea. *Syst. Appl. Acarol.* 5: 99-100.
- Guedes, R.N.C., J.D. Stark, G. Smaghe & N. Desneux. 2016.** Pesticide-induced stress in arthropod pests of optimized integrated pest management programs. *Annu. Rev. Entomol.* 62: 43-62.
- Guedes, R.N.C., S.S. Walse & J.E. Throne. 2017.** Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. *Cur. Op. Insect Sci.* 21: 47-53.
- Guerra, T.J., G.Q. Romero, J.C. Costa, A.C. Lofego & W.W. Benson. 2012.** Phoretic dispersal on bumblebees by bromeliad flower mites (Mesostigmata, Melicharidae). *Insect. Soc.* 59: 11-16.
- Gunn, B.F., L. Baudouin & K.M. Olsen. 2011.** Independent origins of cultivated coconut (*Cocos nucifera* L.) in the old world tropics. *PLoS One* 6: e21143.
- Gupta, S.K. 1977.** Some undescribed and little-known species of *Amblyseius* (Acarina: Phytoseiidae) from western and northern India. *Indian J. Acarol.* 1: 28-37.
- Gupta, S.K. 1986.** Fauna of India (Acari: Mesostigmata) Family Phytoseiidae. Calcutta, Zoological Survey of India, 350p.
- Haq, M.A., K. Sumangala & N. Ramani. 2002.** Coconut mite invasion, injury and distribution, p. 41-49. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Harries, H.C. 1978.** The evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. *Bot. Ver.* 44: 265-320.
- Hunter, P.E. & R.M. Rosario. 1988.** Associations of Mesostigmata with other Arthropods. *Ann. Rev. Entomol.* 33: 393-417.
- IBGE. 2014.** Levantamento sistemático agrícola, p. 1-88. In IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Rio de Janeiro, IBGE, 123p.

- Jansson, R.K. & R.A. Dybes. 1998.** Avermetins: biochemical mode of action, biological activity and agricultural importance, p. 152-167. In I. Ishaaya & D. Degheele (eds.), *Insecticides with Novel Modes of Action, Mechanism and Application*. New York, Springer-Verlag, 298p.
- Johnson, D.T. & B.A. Croft. 1976.** Laboratory study of the dispersal behavior of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 69: 1019–1023.
- Julia, J.F. & D. Mariau. 1979.** Nouvelles recherches en Côte d'Ivoire sur *Eriophyes guerreronis* K., acarien ravageur des noix du cocotier. *Oléagineux* 34: 181-189.
- Jung, C. & B.A. Croft. 2000.** Survival and plant-prey finding by *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) on soil substrates after aerial dispersal. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 579-596.
- Jung, C. & B.A. Croft. 2001.** Ambulatory and aerial dispersal among specialist and generalist predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* 30: 1112-1118.
- Keifer, H.H. 1965.** Eriophyid studies B-14. Sacramento, Department of Agriculture Bureau of Entomology, 20p.
- Krantz, G.W. & D.E. Walter. 2009.** A manual of acarology. Texas, Texas Tech University Press, 807p.
- Kreiter, S., J. Mailloux, M.S. Tixier, F. Le Bellec, M. Douin, S. Guichou & J. Etienne. 2013.** New phytoseiid mites of the French West Indies, with description of a new species, and new records (Acari: Mesostigmata). *Acarologia* 53: 285-303.
- Kreiter, S., M.S. Tixier, H. Sahraoui, K. Lebdi-Grissa, S.B. Chabaan, A. Chatti, B. Chermiti, O. Khoualdia & M. Ksantini. 2010.** Phytoseiid mite (Acari: Mesostigmata) from Tunisia: catalogue biogeography, and key for identification. *Tunis. J. Plant Prot.* 5: 151-178.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr, G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2008b.** Compatibility of *Neoseiulus paspalivorus* and *Proctolaelaps bickleyi*, candidate biocontrol agents of the coconut mite *Aceria guerreronis*: spatial niche use and intraguild predation. *Exp. Appl. Acarol.* 45: 1-13.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2007a.** Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis*: Fine scale distribution and association with other mites under the perianth. *Biol. Control* 43: 102-110.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2008a.** Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *Bull. Entomol. Res.* 98: 83-96.

- Lebrun, P., L. Grivet & L. Baudoin. 1998.** Dissemination et domestication du cocotier a la lumiere des marqueurs RFLP. *Plant Rech. Dev.* 5: 233-245.
- Lima, D.B., J.W.S Melo, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2012.** Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis* Keifer. *Exp. Appl. Acarol.* 56: 233-246.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., R.N.C. Guedes & J.E.M. Oliveira. 2016.** Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 70: 165-177.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013.** Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 381-393.
- Lümmen, P. 1998.** Complex I inhibitors as insecticides and acaricides. *Bioch. Bioph. Acta* 1364: 287-296.
- Maiiau, D. 1986.** Comportement de *Eriophyes guerreronis* Keifer à l'égard de diferentes variétés de cocotiers. *Oléagineux* 41: 499-505.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). 2017.** Agrofit. Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS, Brasília, DF, Brazil. 2017 June 22. Available: [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons).
- Mariau, D. 1977.** *Aceria (Eriophyes) guerreronis*: an important pest of African and American coconut groves. *Oléagineux* 32: 109-111.
- Martins, R.C. & L.A. Jesus Jr. 2011.** Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 28p.
- McMurtry, J.A. & B.A. Croft. 1997.** Life styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 291-321.
- McMurtry, J.A., G.J. Moraes & N. Famah Sourassou. 2013.** Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Syst. Appl. Acarol.* 18: 297-320.
- Melo, J.W.S., C.A. Domingos, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Removal of bunches or spikelets is not effective for the control of *Aceria guerreronis*. *Hortscience* 47: 1-5.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2011.** Olfactory response of predatory mites to vegetative and reproductive parts of coconut palm infested by *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 55: 191-202.

- Melo, J.W.S., D.B. Lima, H. Staudacher, F.R. Silva, M.G.C. Gondim Jr. & M.W. Sabelis. 2015.** Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 67: 411-421.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2014a.** Limits to ambulatory displacement of coconut mites in absence and presence of food-related cues. *Exp. Appl. Acarol.* 62: 449-461.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2014b.** Behaviour of coconut mites preceding take-off to passive aerial dispersal. *Exp. Appl. Acarol.* 64: 429-443.
- Monetti, L.N. & B.A. Croft. 1997.** Mating, cross-mating and related behaviours of *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 21: 67-74.
- Monteiro, V.B., D.B. Lima, M.G.C. Gondim Jr. & H.A.A. Siqueira. 2012.** Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. *J. Econ. Entomol.* 105: 1419-1425.
- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts, p. 561-570. In E. E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier. 790p.
- Moore, D. & L. Alexander. 1987.** Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). *Bull. Entomol. Res.* 77: 641-650.
- Moraes, G.J. 2002.** Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores, p. 225-237. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), *Controle biológico: Parasitóides e predadores*. São Paulo, Manole, 626p.
- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos Editora, 308p.
- Moraes, G.J., J.A. McMurtry, H.A. Denmark & C.B. Campos. 2004.** A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. *Zootaxa* 434: 1-494.
- Mordue, A.J., E.D. Morgan & A.J. Nisbet. 2010.** Azadirachtin, a natural product in insect control, p. 185-203. In L.I. Gilbert & S.S. Gill (eds). *Insect Control: Biological and Synthetic Agents*. California, Academic Press, 490p.
- Moreira, J.O.T. & A.R.P. Nascimento. 2002.** Avaliação da eficiência de acaricidas isolados e em mistura no controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer, 1965 (Prostigmata: Eriophyidae) no Vale do São Francisco. *Rev. Bras. Frutic.* 24: 72-76.
- Nachman, G. 1988.** Regional persistence of locally unstable predator/prey populations. *Exp. Appl. Acarol.* 5: 293-318.

- Nair, C.P.R. 2002.** Status of eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer in India, p. 9-12. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda. (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Navia, D. & C.H.W. Flechtmann. 2002.** Mite (Arthropoda: Acari) associated of palm (Arecaceae) in Brazil: VI. New genera and new species of Eriophyidae and Phytoptidae (Prostigmata: Eriophyoidea). *Int. J. Acarol.* 28: 121-146.
- Navia, D. 2004.** Ácaros Eriophyoidea (Prostigmata) associados a palmeiras (Arecaceae), com ênfase no ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer: espectro de hospedeiros e aspectos biogeográficos. Tese de Doutorado, Esalq, São Paulo, 435p.
- Navia, D., M.G.C. Gondim Jr., N.S. Aratchige & G.J. de Moraes. 2013.** A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. *Exp. Appl. Acarol.* 59: 67-94.
- Negloh, K., R. Hanna & P. Schausberger. 2010.** Season- and fruit age-dependent population dynamics of *Aceria guerreronis* and its associated predatory mite *Neoseiulus paspalivorus* on coconut in Benin. *Biol. Control* 54: 139-358.
- Negloh, K., R. Hanna & P. Schausberger. 2011.** The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. *Exp. Appl. Acarol.* 55: 361-374.
- Oliveira, C.R.F., L.R.D'A. Faroni, R.N.C. Guedes, A. Pallini & J.R. Gonçalves. 2006.** Dispersão de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) em trigo armazenado, sob condições artificiais. *Neotrop. Entomol.* 35: 536-541.
- Oliveira, D.C., V. Charanasri, M. Kongchuensin, P. Konvipasruang, A. Chandrapatya & G.J. Moraes. 2012.** Phytoseiidae of Thailand (Acari: Mesostigmata), with a key for their identification. *Zootaxa* 3453: 1-24.
- Osakabe, Mh., H. Isobe, A. Kasai, R. Masuda, S. Kubota & M. Umeda. 2008.** Aerodynamic advantages of upside down take-off for aerial dispersal in *Tetranychus* spider mites. *Exp. Appl. Acarol.* 44: 165-183.
- Ostovan, H., F. Faraji, F. Kamyab & F. Khadempour. 2012.** Notes on *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon) and *Proprioseiopsis messor* (Wainstein) (Acari: Phytoseiidae) collected in Iran. *Acarologia* 52: 51-58.
- Paul, A. & T.B. Mathew. 2002.** Loss of husk, quality of fiber and coir due to infestation of coconut eriophyid mite (*Aceria guerreronis* Keifer). *J. Plant Crop.* 30: 58-60.
- Perotti, M.A. & H.R. Braig. 2009.** Phoretic mites associated with animal and human decomposition. *Exp. Appl. Acarol.* 49: 85-124.

- Pratt, P.D., L.N. Monetti, & B.A. Croft. 1998.** Within- and between-plant dispersal and distributions of *Neoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in simulated bean and apple plant systems. *Environ. Entomol.* 27: 148-153.
- Quirós-McIntire, E. & H. Rodríguez. 2010.** Ácaros depredadores asociados a *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en Panamá. *Rev. Protección Veg.* 25: 103-107.
- Ramaraju, K. & R.J. Rabindra. 2002.** Palmyra, *Borassus flabellifer* Linn. (Palmae): a host of the coconut eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer. *Pest. Manag. Hortic. Ecosyst.* 7: 149-151.
- Ramaraju, K., K. Natarajan, P.C.S. Babu, S. Palnisamy & R.J. Rabindra. 2002.** Studies on coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tamil Nadu, Índia, p.13-31. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Ramos, M. & G.J. Moraes. 2007.** Predatory mites associated with *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) on rice in Cuba, p. 459-462. In J.B. Morales-Malacara, V. Behan-Pelletier, E. Ueckermann, T.M. Pérez, E.G. Estrada-Venegas & M. Badii (eds.), *Acarology XI: Proceedings of the International Workshop*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, 726p.
- Ramos, M. & N. Rodriguez. 2004.** Descripción cualitativa y cuantitativa de la biodiversidade de ácaros depredadores em diferentes agroecosistemas em Cuba. *Fitossanidad* 8: 55-61.
- Reis, A.C., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, P. Schausberger, P. Schausberger & R. Barros. 2008.** Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 37: 457-462.
- Rezende, D.D.M. 2015.** Perdas ocasionadas por *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) em coqueiro anão verde (*Cocos nucifera* L.) e taxonomia integrativa de ácaros predadores (Phytoseiidae). Tese de doutorado, UFRPE, Recife, 196p.
- Rezende, D.D.M., J.W.S. Melo, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2016.** Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. *Exp. Appl. Acarol.* 69: 297-310.
- Robbs, C.F. & A.L. Peracchi. 1965.** Sobre a ocorrência de um ácaro prejudicial do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), p. 65-70. In IX Reuniao Fitossanitaria, Rio de Janeiro.
- Roberts, D.R., T. Chareonviriyaphap, H.H. Harlan & P. Hshieh. 1997.** Methods for testing and analyzing excito repellency responses of malaria vectors to insecticides. *J. Am. Mosq. Contr. Assoc.* 13: 13-17.

- Rodríguez-Morell, H., E. Quiróz-Mcintire & I. Camargo-Buitrago. 2013.** Ácaros depredadores asociados a *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en Costa Rica, Nicaragua y Panamá. M. E. S. 8: 29-42.
- Ronce, O. 2007.** How does it feel to be like a rolling stone? Ten questions about dispersal evolution. Annu. Rev. Ecol. Syst. 38: 231-353.
- Sabelis, M.W. & B.P. Afman. 1994.** Synomone-induced suppression of take-off in the phytoseiid mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Exp. Appl. Acarol. 18: 711-721.
- Sabelis, M.W. & M. Dicke. 1985.** Long-range dispersal and searching behavior, p. 141-157. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds.), Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, 458p.
- Safriël, U.N. & U. Ritte. 1980.** Criteria for the identification of potential colonizers. Biol. J. Linn. Soc. Lond. 13: 287-297.
- Seguni, Z. 2002.** Incidence, distribution and economic importance of the coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tanzanian coconut based cropping systems, p. 54-57. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Silva, F.R., I. Lesna, Y. Sato, M.W. Sabelis & A. Janssen. 2016.** Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. Bio Control 61: 681-689.
- Silva, V.F., G.V. França, J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2017.** Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. J. Pest Sci. 90: 207-215.
- Siqueira, L.A., W.M. Aragão & E.A. Tupinambá. 2002.** A Introdução do coqueiro no Brasil, importância histórica e agrônômica. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 24p.
- Tixier, M.S., S. Kreiter, P. Auger & M. Weber. 1998.** Colonization of Languedoc vineyards by phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae): influence of wind and crop environment. Exp. Appl. Acarol. 22: 523-542.
- van de Vrie, M. 1985.** Control of Tetranychidae in crops, p. 273-283. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds.), Spider mite their biology, natural enemies and control. Vol. 1B. Amsterdam, Elsevier, 458p.
- Washburn, J.O. & L. Washburn. 1983.** Active aerial dispersal of min wingless arthropods: exploitation of boundary-layer velocity gradients. Science 23: 1088-1089.
- Wu, W. 1986.** A new species and a new record of *Amblyseius* from Fujian (Acarina; Phytoseiidae). Wuyi Sci. J. 6: 121-124.

- Zannou, I.D., G.J. Moraes, E.A. Ueckermann, A.R. Oliveira, J.S. Yaninek & R. Hana. 2006.** Phytoseiid mites of the genus *Neoseiulus* Hughes (Acari: Phytoseiidae) from sub-Saharan Africa. *Int. J. Acarol.* 32: 241-276.
- Zannou, I.D., R. Hanna, G.J. de Moraes, S. Kreiter, G. Phiri & A. Jone. 2005.** Mites of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) habitats in southern Africa. *Int. J. Acarol.* 31: 149-164.
- Zemek, R. & G. Nachman. 1998.** Interactions in a tritrophic acarine predator-prey metapopulation system: effects of *Tetranychus urticae* on the dispersal rates of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 22: 259-278.

## **CAPÍTULO 2**

### **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PRINCIPAIS PREDADORES DO ÁCARO-DO-COQUEIRO E IMPLICAÇÕES NO MANEJO**

VANESKA BARBOSA MONTEIRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av.  
Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

---

<sup>1</sup>Monteiro, V.B. Distribuição espacial dos principais predadores do ácaro-do-coqueiro e implicações no manejo. A ser submetido a Experimental and Applied Acarology.

RESUMO - Os ácaros predadores *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) e *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon) são encontrados em diversas regiões do mundo associados ao ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer, principal praga dos frutos. Esses predadores apresentam-se como promissores no controle biológico de *A. guerreronis*. O objetivo desse trabalho foi predizer a distribuição espacial de *A. guerreronis* e de seus principais predadores no Brasil (*N. baraki* e *N. paspalivorus*), utilizando o modelo de máxima entropia. Para criar os modelos de predições de ocorrência das espécies foi utilizado o Software Maxent. Os dados de ocorrência dos ácaros foram obtidos através da literatura mundial. Para padronização dos resultados, a probabilidade de estabelecimento foi dividida em quatro classes: classe 1 (0 – 25%, não favorável), classe 2 (26 – 50%, pouco favorável), classe 3 (51 – 75% favorável) e classe 4 (76 – 100% muito favorável). Os possíveis locais de co-ocorrência entre *A. guerreronis* e as espécies de predadores (*N. baraki* e *N. paspalivorus*) foram definidos através de comparações gráficas dos modelos de predição. Através dos resultados foi possível verificar que as áreas mais favoráveis ao estabelecimento para ambos os predadores estão predominantemente na região onde há maiores infestações da praga, ou seja, no litoral do Norte e Nordeste. Porém, há regiões do Sudeste e Centro-Oeste do país, onde há apenas o relato e possibilidade de estabelecimento de *A. guerreronis* e não há relato de seus principais inimigos naturais. As diferentes possibilidades de estratégias de controle de *A. guerreronis* nas diferentes regiões do Brasil são discutidas.

PALAVRAS-CHAVE: Ocorrência, *Neoseiulus baraki*, *Neoseiulus paspalivorus*, coqueiro, modelagem espacial, *Aceria guerreronis*

## SPATIAL DISTRIBUTION OF THE COCONUT MITE PREDATOR AND MANAGEMENT IMPLICATIONS

**ABSTRACT** – The predatory mites *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) and *Neoseiulus paspalivorus* (DeLeon) are found in several regions associated with the coconut mite *Aceria guerreronis* Keifer, principal praga dos frutos. These predators are presented as the promising biological control of *A. guerreronis*. The objective of this study was to predict the spatial distribution of the *A. guerreronis* and of the main predators in Brazil (*N. baraki* e *N. paspalivorus*), using the maximum entropy model. The mites occurrence data were obtained from the literature referring to world. To standardize the results, the probability of settlement was divided in four class: class 1 (0 – 25%, not favorable), class 2 (26 – 50%, unfavorable), class 3 (51 – 75% favorable) and classe 4 (76 – 100% very favorable). Possible co-ocurrence between local *A. guerreronis* and predator species (*N. baraki* e *N. paspalivorus*) defined by graphical comparison of prediction model. Through the results it was possible to verify that the areas more favorable for settlement for both predators are predominantly in the region of greater occurrence of the pest, in all coast of northeast and north in the Brazil. However, there are regions of the Southeast and Center-West of the country, where there is only the report and possibility of settlement of *A. guerreronis* and there is not report of its main natural enemies, in which mites are able to develop. The different possibilities of control strategies of *A. guerreronis* in different regions of Brazil are discussed.

**KEY WORDS:** Occurrence, *Neoseiulus baraki*, *Neoseiulus paspalivorus*, coconut palm, spatial modeling, *Aceria guerreronis*

## Introdução

A modelagem de distribuição das espécies (MDE) constitui uma importante técnica na biologia analítica. Através dessa técnica são realizados diversos estudos, dentre eles: evolutivos, ecológicos, conservação e manejo (Corsi *et al.* 1999, Peterson *et al.* 1999, Scott *et al.* 2002, Peterson & Shaw 2003). A MDE baseia-se nas condições ambientais juntamente com soluções matemáticas, ajustes estatísticos e algoritmos. Os algoritmos calculam a similaridade dos locais de ocorrência da espécie com outras regiões de não ocorrência, indicando a possibilidade de áreas potenciais de ocorrência (Paglia *et al.* 2012).

Uma das maneiras de estudar a MDE é utilizando-se softwares, entre eles o “Maxent”. Esse programa estima a distribuição da espécie pelo modelo de entropia máxima, ou seja, produz a distribuição mais uniforme e infere com maior precisão a possível ocorrência das espécies (Phillips *et al.* 2006). Quando o Maxent é aplicado à MDE, somente através dos dados de presença da espécie, os pixels da área de estudo compõem o espaço em que a probabilidade de distribuição do Maxent é definida. Os pixels com registros de ocorrência de espécies conhecidas constituem os pontos de amostra, e as características consideradas para a predição são as variáveis (climáticas, altitude, categoria de solo, tipo de vegetação ou outra variável ambiental) (Phillips *et al.* 2006).

O clima constitui parte importante do conjunto de condições abióticas que delimitam a área de ocorrência de uma determinada espécie (Paglia *et al.* 2012). Mudanças climáticas provavelmente alteram a distribuição das espécies. Como exemplo, podemos citar o aumento da temperatura ao longo dos anos como um fator que pode alterar a área de ocorrência de diversos organismos (Ghini *et al.* 2008, Franklin 2009, Navia *et al.* 2016). Mudanças nas condições ambientais podem afetar também as interações tróficas, alterando a eficiência de inimigos

naturais, e isso ocorre porque há diferenças nas exigências térmicas de predadores e presas (Montserrat *et al.* 2013).

O ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Eriophyidae), é uma das pragas chaves de cultivos desta palmeira (*Cocos nucifera* L.) no mundo (Moore & Howard 1996, Negloh *et al.* 2011, Navia *et al.* 2013). As colônias desse eriofíideo desenvolvem-se no perianto dos frutos, região meristemática coberta pelas brácteas florais (Haq *et al.* 2002, Fernando *et al.* 2003, Lawson-Balagbo *et al.* 2007a), causando necrose e abortamento nos frutos (Moore & Howard 1996, Nair 2002). *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) e *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon) são os ácaros predadores mais frequentemente encontrados, na região do perianto, associados a *A. guerreronis* não só no Brasil (Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008), mas no mundo (Negloh *et al.* 2011, Famah Sourassou *et al.* 2012). Apesar da associação entre os predadores e *A. guerreronis*, a prevalência e abundância destes são diretamente influenciadas pelas condições climáticas. Lawson-Balagbo *et al.* (2008) sugeriram que *N. baraki* e *N. paspalivorus* apresentam diferentes requerimentos climáticos, tendo *N. baraki* prevalecido em climas com temperaturas moderadas e umidades elevadas, enquanto que *N. paspalivorus* foi mais abundante em climas quentes e secos.

Desde que a prevalência e abundância dos ácaros são afetadas pelas condições climáticas, informações sobre a ocorrência dos predadores são fundamentais para melhorias nas atuais táticas de manejo de *A. guerreronis*. Por outro lado, em locais onde não há ocorrência desses predadores sua introdução pode ser inviável, devido a limitações climáticas. Dessa forma, as táticas de manejo ficam restritas a outros tipos de controle, como por exemplo, o químico. Portanto, o objetivo do presente estudo foi prever a distribuição espacial no Brasil de *A. guerreronis* e dos ácaros predadores *N. baraki* e *N. paspalivorus*, promissores ao controle biológico, a fim de

esclarecer locais de co-ocorrência e a viabilidade do controle biológico nas principais regiões produtoras de coco.

## Material e Métodos

**Dados de Ocorrência de *Aceria guerreronis*, *Neoseiulus baraki* e *Neoseiulus paspalivorus*.** As coordenadas geográficas do relato de todas as espécies foram obtidas através da literatura existente e bancos de data base (CABI, EPPO, Phytoseiidae data Base). Os relatos de ocorrência podem ser visualizados na Figura 1. Quando o relato foi feito sem georreferenciamento foram utilizados os nomes dos lugares de coleta, e por meio da ferramenta Google Earth foram obtidas as coordenadas geográficas. Informações de publicações que não apresentavam detalhes dos locais ou regiões de coletas não foram utilizadas.

**Variáveis Ambientais.** Os dados climáticos utilizados são apresentados na Tabela 1 e foram obtidos através do WorldClim (<http://www.worldclim.org/>) versão atual 1.4 (1960 – 1990) liberação 3, resolução de 10 arc-min (aproximadamente 20 km).

**Modelagem.** O Software Maxent (versão 3.3.3.k) foi utilizado para criar os modelos de predições de ocorrência das espécies *A. guerreronis*, *N. baraki* e *N. paspalivorus* para o Brasil, com base nas coordenadas de ocorrência das espécies em todo mundo. As configurações utilizadas foram às seguintes: autocaracterísticas (características dependentes do tamanho da amostra), saída em formato logístico (fornece uma presença de probabilidade estimada), gerações aleatórias, cinco repetições com validação cruzada, valor de regularização = 1, máximo de interações = 2000, limite de convergência =  $10^{-5}$ , número máximo de pontos em background = 20000 e método jackknife para estimar quais as variáveis que mais contribuíram para o modelo (importância relativa).

Dois conjuntos (treino e teste) foram gerados a partir de um conjunto independente de dados antes de efetuar a modelagem, com a finalidade de avaliar a qualidade do modelo. Posteriormente, a análise da curva característica de operação (ROC) foi realizada, avaliando o desempenho do modelo através de um único valor que representa a área sob a curva (AUC). A análise ROC pode ser entendida como a sensibilidade do modelo, representando a taxa de verdadeiros positivos (ausência de erro de omissão) *versus* a especificidade que é a taxa de falso positivo (erro de sobreposição).

Para padronização dos resultados dos três modelos testados (*A. guerreronis*, *N. baraki* e *N. paspalivorus*) a probabilidade de estabelecimento foi dividida em quatro classes, facilitando a comparação e entendimento dos mapas. A essas classes foi estabelecido um padrão para a dinâmica das espécies. A classe 1 (0 – 25%, não favorável), classe 2 (26 – 50%, pouco favorável), classe 3 (51 – 75% favorável) e classe 4 (76 – 100% muito favorável). A classe não favorável indica onde o ácaro não se estabelece, mas pode sobreviver por alguns meses do ano, portanto necessitando de constante reentrada (ou liberações) de indivíduos para manutenção das populações; a classe pouco favorável corresponde às áreas onde o ácaro pode se estabelecer, porém seu desenvolvimento é lento e as populações são baixas; a classe favorável corresponde às áreas onde o ácaro pode se estabelecer e desenvolver normalmente; e a classe muito favorável corresponde às áreas onde o ácaro encontra condições ótimas para seu desenvolvimento e reprodução, podendo ser encontrado “outbreaks” (surtos populacionais).

Após a confecção dos modelos de predição foi realizada comparações gráficas, definindo possíveis locais de co-ocorrência entre *A. guerreronis* e as espécies de predadores *N. baraki* e *N. paspalivorus*. A partir desses resultados, implicações sobre as atuais táticas de manejo de *A. guerreronis* foram discutidas.

## Resultados

Os valores médios de AUC encontrados foram de 0,974, 0,946 e 0,970 para *A. guerreronis*, *N. baraki* e *N. paspalivorus* respectivamente, sugerindo alto poder de predição dos modelos. Para *A. guerreronis* as variáveis ambientais que mais influenciaram a predição foram as seguintes: variação de temperatura anual com 47,8% de contribuição e temperatura mínima mensal com 17,9% de contribuição, as demais variáveis apresentaram contribuições inferiores a 6,2%. Para *N. baraki* as variáveis ambientais que mais contribuíram foram: temperatura mínima mensal com 22,1% de contribuição, precipitação do mês mais chuvoso com 20,3% de contribuição e sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação) com 12,1% de contribuição, as demais variáveis apresentaram contribuições inferiores a 8,6%. Para *N. paspalivorus* as variáveis ambientais que mais influenciaram foram: temperatura mínima mensal com 35,3% de contribuição, variação média diurna [média mensal (max-min)] com 16,5% e as demais variáveis apresentaram contribuições inferiores a 7,7% (Tabela 1, Fig. 1). A variável ambiental que mais contribuiu, quando avaliada isoladamente para o modelo de *A. guerreronis*, foi a variação de temperatura anual, enquanto que para *N. baraki* e *N. paspalivorus* foi a temperatura mínima mensal. Por outro lado, o modelo foi mais sensível (apresentou maior perda de contribuição) com a exclusão das variáveis sazonalidade da precipitação, precipitação do trimestre mais frio e variação média diurna [média mensal (max-min)] (Bio02) para *A. guerreronis*, *N. baraki* e *N. paspalivorus*, respectivamente (Fig. 2).

Os modelos de predição gerados para as três espécies apresentaram similaridade com os seus relatos de ocorrência (Fig. 3A-B). A maioria dos pontos de ocorrência para as três espécies estão concentrados sobre as zonas favoráveis e muito favoráveis dos modelos. Para *A. guerreronis* é possível observar áreas pouco favoráveis ao seu desenvolvimento nas regiões sudeste, centro-oeste e norte. Nestas áreas é possível o estabelecimento de *A. guerreronis*, porém seu

desenvolvimento é lento e suas populações tendem a ser pequenas. Para os predadores é perceptível que o seu estabelecimento é praticamente limitado ao Nordeste e Norte do Brasil, sendo pouco provável seu estabelecimento nas demais regiões.

### Discussão

A predição de *A. guerreronis* foi mais acentuada na faixa litorânea do Norte e Nordeste brasileiro. Isso é devido as áreas de plantio de coco concentrarem-se nesta faixa do país. *Aceria guerreronis* é especialista na alimentação em frutos de coqueiro e está diretamente relacionado a este (Navia *et al.* 2013), embora tenha sido também relatado em *Lytocaryum weddellianum* (H. Wendl.) (*Cocos weddellianum* H. Wendl.) (Flechtmann 1989) e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) (Ansaloni & Perring 2004), mas não em ambiente natural. O fato de *A. guerreronis* apresentar uma temperatura base de desenvolvimento de 9,36 °C (Ansaloni & Perring 2004), a probabilidade de estabelecimento na região Sul do país foi não favorável ou pouco favorável. Isso pode ser explicado porque a temperatura mínima na região Sul é bem inferior a 9 °C. Logo, na região Sul, *A. guerreronis* pode se desenvolver, porém apenas em alguns meses do ano, quando a temperatura é mais elevada. Além disso, a cultura do coqueiro não é comum nesta região.

A maior parte do território brasileiro não é favorável ao estabelecimento de *A. guerreronis* devido à ausência de cultivos de coqueiro e das condições climáticas. Embora os dados de ocorrência de *A. guerreronis* estejam inseridos nas áreas de ocorrência favorável e muito favorável, sugerindo boa adequação do modelo, o mesmo pode estar subestimado. Essa subestimativa se deve ao fato de *A. guerreronis* se desenvolver em local confinado da planta (perianto), onde as condições de temperatura e principalmente umidade podem diferir daquelas do ambiente externo. Dessa forma, as condições climáticas incidiriam sobre os ácaros que estão em

dispersão, seja ele chegando ou saindo do fruto. Esse fato pode limitar o sucesso da dispersão de *A. guerreronis* e conseqüentemente influenciarem no tamanho da população dessa praga.

Os ácaros predadores *N. baraki* e *N. paspalivorus* pertencem a um grupo de ácaros generalista que vivem em ambientes confinados de plantas monocotiledôneas (Subtipo III-d) (McMurtry *et al.* 2013), e possuem maior mobilidade que *A. guerreronis* (Lima *et al.* 2013). Portanto, esses predadores podem caminhar mais na planta em busca de novos frutos infestados com *A. guerreronis*, e assim se expõem mais às condições climáticas, sendo mais sensíveis a mudanças do clima. Isso justifica predominância de áreas não favoráveis de ocorrência no país (região Sudeste e Centro-oeste). Adicionalmente, a presença desses predadores é dependente da presença da praga. Portanto, para ambos os predadores as áreas mais favoráveis ao estabelecimento desses ácaros estão predominantemente nas regiões onde há maiores populações da praga, ou seja, Norte e Nordeste. Os dados de ocorrência de ácaros em frutos de coqueiro obtidos por Oliveira *et al.* (2012) corroboram com os resultados deste trabalho, pois nos levantamentos realizados no estado de São Paulo (região Sudeste) não foram relatados *N. baraki* e *N. paspalivorus* ao longo de um ano, mesmo verificando-se a presença de *A. guerreronis*. Levantamentos realizados na costa Sul do estado da Bahia (região Nordeste) não foi relatada a presença desses predadores (Souza *et al.* 2012, 2015), e no presente trabalho esta região é pouco favorável ao estabelecimento *N. baraki*.

A temperatura base de *N. baraki* (T<sub>b</sub> 15,8 °C) (Domingos *et al.* 2010) é relativamente superior a de outros fitoseídeos que ocorrem frequentemente em folíolos de coqueiro no Brasil, como o predador generalista (Subtipo III-b) *Amblyseius largoensis* (Muma) (T<sub>b</sub> = 13 °C) (Galvão *et al.* 2008) e o predador generalista que se alimenta de pólen *Euseius alatus* De Leon (T<sub>b</sub> = 13 °C) (Melo *et al.* 2009). Embora, não se tenha na literatura as exigências térmicas de *N. paspalivorus*, devido a sua co-ocorrência com *N. baraki* e ambos serem predadores generalistas

que vivem em ambiente confinado (Subtipo III-d) é de se esperar que a temperatura base deles não seja muito diferente. Contudo, a temperatura base de *A. guerreronis* ( $T_b = 9,36 \text{ }^\circ\text{C}$ ) é bem inferior a de seus principais predadores (*Neoseiulus* spp.), justificando a ocorrência do eriofídeo nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul do Nordeste, mas não a de seus principais predadores (*N. baraki* e *N. paspalivorus*).

Informações sobre ocorrência de predadores são fundamentais para melhoria das atuais táticas de manejo de *A. guerreronis*. Na região litorânea do Nordeste, onde há maior ocorrência dos predadores *N. baraki* e *N. paspalivorus*, é interessante que o manejo do ácaro-do-coqueiro seja realizado através de pulverizações de produtos seletivos. Estudos de seletividade, utilizando produtos registrados e/ou usados no controle de *A. guerreronis*, indicaram que alguns acaricidas não comprometem o controle biológico desta praga, tornando-o compatível com este último (Lima *et al.* 2013a,b). Esses estudos foram realizados apenas para *N. baraki*, contudo é provável que essa seletividade também seja válida para *N. paspalivorus* uma vez que se tratam de espécies próximas e que compartilham características bioelógicas, ecológicas e comportamentais. Por outro lado, nas regiões sul da Bahia, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, onde não há relatos dos predadores e seu estabelecimento parece ser dificultado, a seletividade de acaricidas a inimigos naturais pode não ser uma prioridade. Contudo, a manutenção e incremento de ácaros generalistas (*A. largoensis* e *E. alatus*) que ocorrem em folíolos de coqueiro pode contribuir para o manejo de *A. guerreronis*. Melo *et al.* (2015) demonstraram que dentre os predadores generalistas encontrados em folíolos de coqueiro, *A. largoensis* e *E. alatus* são, provavelmente, importantes no controle biológico de *A. guerreronis* durante seu processo de dispersão. Entretanto, estudos de seletividade a estes predadores ainda não foram conduzidos.

No futuro, é possível que o controle biológico de *A. guerreronis* através de liberações inundativas de fitoseídeos generalistas (*N. baraki* ou *N. paspalivorus*) do Subtipo III-d (McMurtry

*et al.* 2013) possam ser uma realidade como preconiza Fernando *et al.* (2010), desde que as condições ambientais para o estabelecimento destes predadores e o uso de acaricidas sejam levados em consideração. Aparentemente, as regiões do sul da Bahia, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil não oferecem condições climáticas adequadas ao estabelecimento destes predadores, sobretudo devido as temperaturas mais baixas em determinadas épocas do ano.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo, possibilitando a realização desta pesquisa.

### Literatura Citada

- Ansaloni, T. & T.M. Perring. 2004.** Biology of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) on queen palm, *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae). *Int. J. Acarol.* 30: 63-70.
- Corsi, F., E. Dupre & L. Boitani. 1999.** A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conserv. Biol.* 13: 150-159.
- Domingos, C.A., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, L.M. Lawson-Balagbo & P. Schausberger. 2010.** Diet-dependent life history, feeding preference and thermal requirements of the predatory mite *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 50: 201-215.
- Famah Sourassou, N., R. Hanna, I. Zannou, J.A.J. Breeuwer, G.J. Moraes & M.W. Sabelis. 2012.** Morphological, molecular and cross-breeding analysis of geographic populations of coconut-mite-associated predatory mites identified as *Neoseiulus baraki*: evidence for cryptic species? *Exp. Appl. Acarol.* 57: 15-36.
- Fernando, L.C.P., N.S. Aratchige & T.S.G. Peiris. 2003.** Distribution patterns of coconut mite, *Aceria guerreronis*, and its predator *Neoseiulus* aff. *paspalivorus* in coconut palms. *Exp. Appl. Acarol.* 31: 71-78.
- Fernando, L.C.P., K.P. Waidyarathne, K.F.G. Perera & P.H.P.R. Silva. 2010.** Evidence for suppressing coconut mite, *Aceria guerreronis* by inundative release of the predatory mite, *Neoseiulus baraki*. *Biol. Control* 53: 108-111.

- Flechtmann, C.H.W. 1989.** *Cocos weddelliana* H. Wendl. (Palmae: Arecaceae), a new host plant for *Eriophyes guerreronis* (Keifer, 1965) (Acari: Eriophyidae) in Brazil. *Int. J. Acarol.* 15: 241.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.V. Oliveira. 2008.** Exigências térmicas e tabela de vida e fertilidade de *Amblyseius largoensis*. *Ciênc. Rural* 38: 1817-1823.
- Franklin, J. 2009.** Mapping species distribution: spatial inference and prediction. Cambridge, Cambridge University, 320p.
- Ghini, R., E. Hamada & W. Bettiol. 2008.** Climate change and plant diseases. *Sic. Agric.* 65: 98-107.
- Haq, M.A., K. Sumangala & N. Ramani. 2002.** Coconut mite invasion, injury and distribution, p. 41-49. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2007a.** Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis*: Fine scale distribution and association with other mites under the perianth. *Biol. Control* 43: 102-110.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2008.** Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural. *Bull. Entomol. Res.* 98: 83-96.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013a.** Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 381-393.
- Lima, D.B., V.B. Monteiro, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013b.** Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Biol. Control* 58: 595-605.
- McMurtry, J.A., G.J. Moraes & N. Famah Sourassou. 2013.** Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Syst. Appl. Acarol.* 18: 297-320.
- Melo, J.W.S., C.A. Domingos, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2009.** Pode *Euseius alatus* De Leon (Acari: Phytoseiidae) preda *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em coqueiro? *Neotrop. Entomol.* 38: 139-143.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, H. Staudacher, F.R. Silva, M.G.C. Gondim Jr. & M.W. Sabelis. 2015.** Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 67: 411-421.

- Montserrat, M., R.M. Sahún & C. Guzmán. 2013.** Can climate change jeopardize predator control of invasive herbivore species? A case study in avocado agro-ecosystems in Spain. *Exp. Appl. Acarol.* 59: 27-42.
- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts, p. 561-570. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier, 790p.
- Nair, C.P.R. 2002.** Status of eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer in India, p. 9-12. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda. (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Navia, D., M.G.C. Gondim Jr., N.S. Aratchige & G.J. Moraes. 2013.** A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. *Exp. Appl. Acarol.* 59: 67-94.
- Navia, D., E. Hamada, M.G.C. Gondim Jr. & N.P. Benito. 2016.** Spatial forecasting of red palm mite in Brazil under current and future climate change scenarios. *Pesq. Agropec. Bras.* 51: 586-598.
- Negloh, K., R. Hanna & P. Schausberger. 2011.** The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. *Exp. Appl. Acarol.* 55: 361-374.
- Oliveira, D.C., V. Charanasri, M. Kongchuensin, P. Konvipasruang, A. Chandrapatya & G.J.Moraes. 2012.** Phytoseiidae of Thailand (Acari: Mesostigmata), with a key for their identification. *Zootaxa* 3453: 1-24.
- Paglia, A.P., D.T. Rezende, I. Koch, A.R. Kortz & C. Donatti. 2012.** Modelos de distribuição de espécies em estratégias para a conservação da biodiversidade e para adaptação baseada em ecossistemas frente a mudanças climáticas. *Nat. Conserv.* 10: 231-234.
- Peterson, A.T. & J. Shaw. 2003.** Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. *Int. J. Parasitol.* 33: 919-931.
- Peterson, A.T., J. Soberon & V. Sanchez-Cordero. 1999.** Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285: 1265-1267.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson & R.E. Schapire. 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190: 231-259.
- Reis, A.C., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, P. Schausberger & R. Barros. 2008.** Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 37: 457-462.

**Scott, J.M., P.J. Heglund, M.L. Morrison, J.B. Haufler, M.G. Raphael, W.A. Wall & F.B. Samson. 2002.** Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale. Washington, DC, Island Press, 840p.

**Souza, I.V., M.G.C. Gondim Jr, A.L.R. Ramos, E.A. Santos, M.I.F. Ferraz & A.R. Oliveira. 2012.** Population dynamics of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and other mites associated with coconut fruits in Una, state of Bahia, northeastern Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 58: 221-233.

**Souza, I.V., P.S. Argolo, M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, M.A.L. Bittencourt & A.R. Oliveira. 2015.** Phytoseiid mites from tropical fruit trees in Bahia State Brazil (Acari, Phytoseiidae). *ZooKeys* 533: 99-131.

Tabela 1. Variáveis ambientais utilizadas e estimadas de contribuição relativa para o modelo

Maxent.

| Código | Variável Ambiental                                     | Contribuição (%)          |                          |                                |
|--------|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|
|        |  | <i>Aceria guerreronis</i> | <i>Neoseiulus baraki</i> | <i>Neoseiulus paspalivorus</i> |
| Bio01  | Temperatura média anual                                | 1,3                       | 2,4                      | 4,6                            |
| Bio02  | Varição média diurna [média mensal (max-min)]          | 4,3                       | 6,9                      | 16,5                           |
| Bio03  | Isolinhas (Bio02/Bio07) 9 100                          | 1,1                       | 0,2                      | 3,3                            |
| Bio04  | Sazonalidade da temperatura (desvio padrão 9 100)      | 4,8                       | 8,3                      | 5,1                            |
| Bio05  | Temperatura máxima mensal                              | 1,8                       | 0,3                      | 0,2                            |
| Bio06  | Temperatura mínima mensal                              | 17,9                      | 22,1                     | 35,3                           |
| Bio07  | Varição de temperatura anual (Bio05-Bio06)             | 47,8                      | 3,8                      | 7,7                            |
| Bio08  | Temperatura média do trimestre mais chuvoso            | 0,8                       | 0,5                      | 0,4                            |
| Bio09  | Temperatura média do trimestre mais seco               | 0,2                       | 2                        | 0,4                            |
| Bio10  | Temperatura média do trimestre mais quente             | 3,5                       | 0                        | 1,3                            |
| Bio11  | Temperatura média do trimestre mais frio               | 1,7                       | 0,6                      | 2,7                            |
| Bio12  | Precipitação anual                                     | 2,9                       | 3,2                      | 1,9                            |
| Bio13  | Precipitação do mês mais chuvoso                       | 0,8                       | 20,3                     | 0,2                            |
| Bio14  | Precipitação do mês mais seco                          | 6,2                       | 3                        | 0,8                            |
| Bio15  | Sazonalidade da precipitação (coeficiente de variação) | 0,9                       | 12,1                     | 7,6                            |
| Bio16  | Precipitação do trimestre mais chuvoso                 | 2,7                       | 3,9                      | 0,4                            |
| Bio17  | Precipitação do trimestre mais seco                    | 0,1                       | 0,2                      | 2,6                            |
| Bio18  | Precipitação do trimestre mais quente                  | 0,2                       | 1,6                      | 5,8                            |
| Bio19  | Precipitação do trimestre mais frio                    | 0,8                       | 8,6                      | 3,2                            |

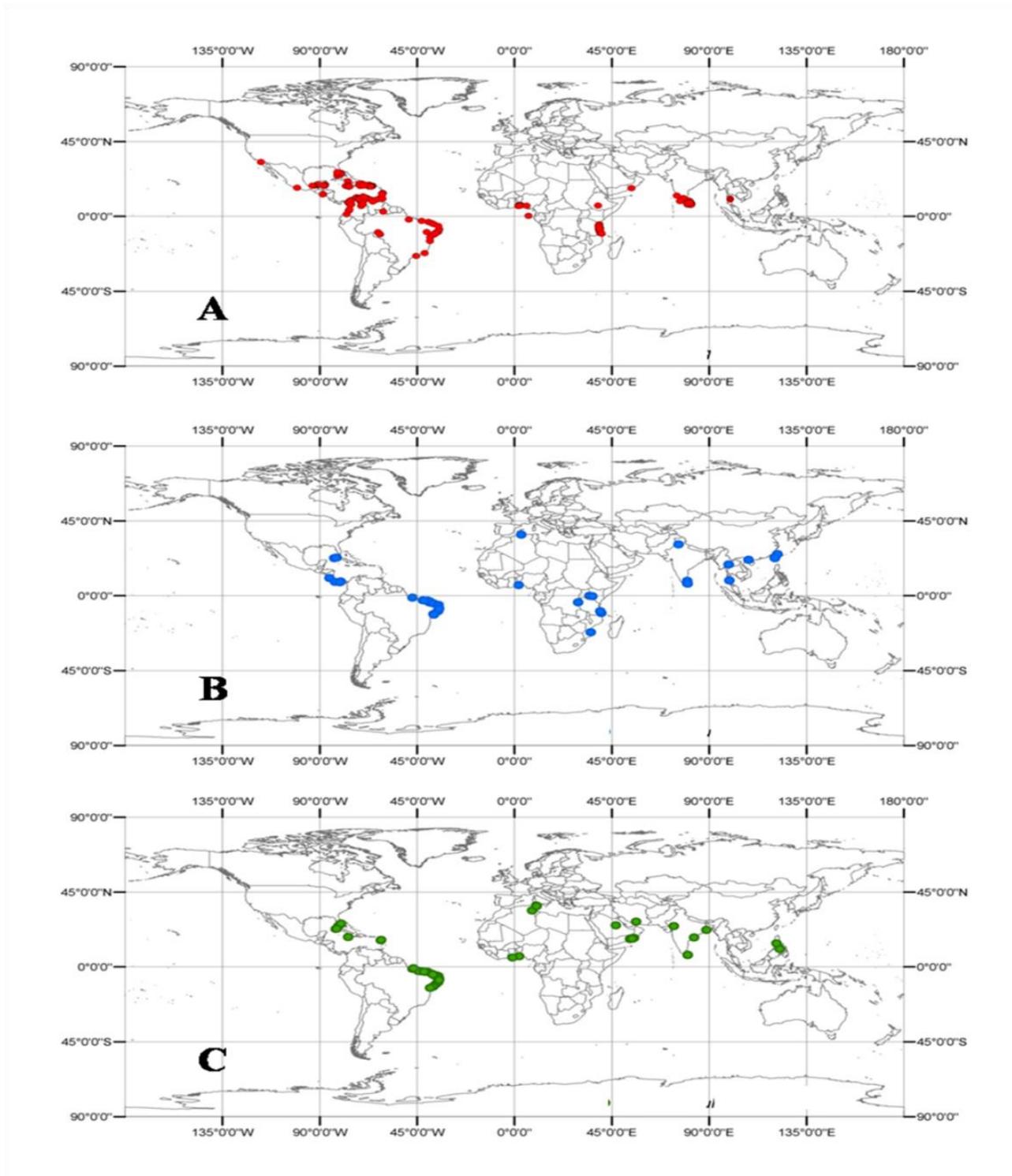


Figura 1. Ocorrência de *Aceria guerreronis* (A), *Neoseiulus baraki* (B) e *Neoseiulus paspalivorus* (C) no mundo.

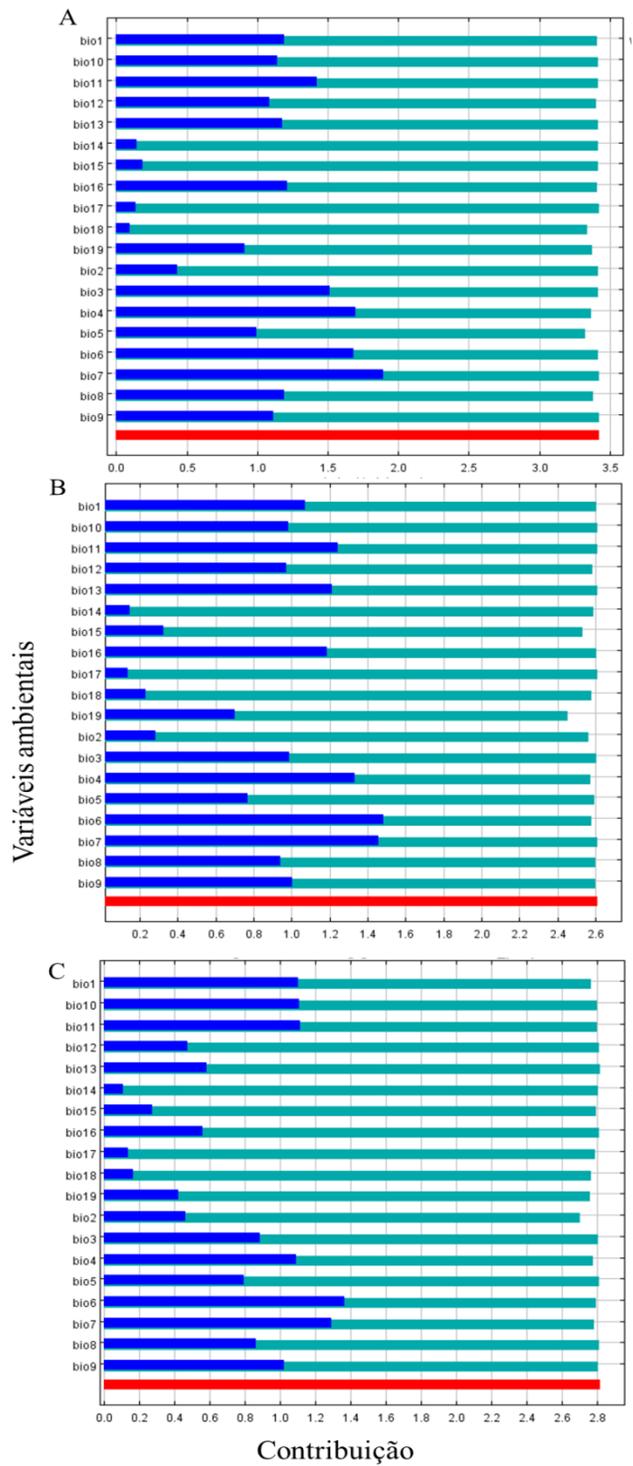


Figura 2. Contribuição das variáveis ambientais para a modelagem de *Aceria guerreronis* (A), *Neoseiulus baraki* (B) e *Neoseiulus paspalivorus* (C) de acordo com o teste de Jackknife de ganho de formação regularizado.

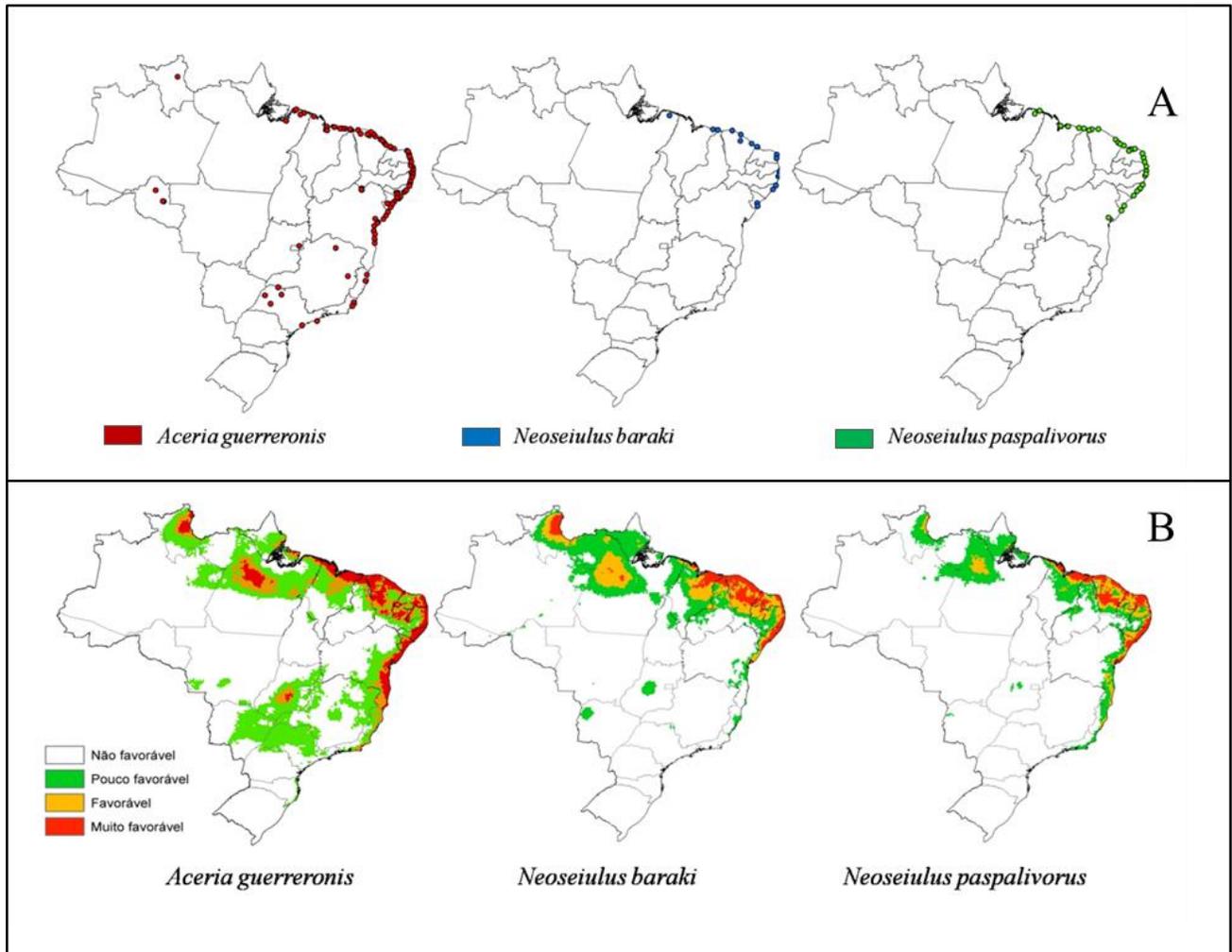


Figura 3. Pontos de ocorrência (A) e predição de distribuição (B) de *Aceria guerreronis*, *Neoseiulus baraki* e *Neoseiulus paspalivorus* no Brasil.

### CAPÍTULO 3

SOBREVIVÊNCIA E CAMINHAMENTO DE *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT)  
(ACARI: PHYTOSEIIDAE) NA AUSÊNCIA DE ALIMENTO, SOB DIFERENTES  
CONDIÇÕES AMBIENTAIS: UMA ABORDAGEM SOBRE DISPERSÃO INTRAPLANTA

VANESKA BARBOSA MONTEIRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av.

Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

---

<sup>1</sup>Monteiro, V.B. Sobrevivência e caminhamento de *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) na ausência de alimento, sob diferentes condições ambientais: uma abordagem sob dispersão intraplanta. Submetido a Experimental and Applied Acarology.

RESUMO - A dispersão é um processo essencial para a perpetuação das espécies, tendo reflexo na dinâmica populacional, distribuição espacial e fluxo gênico. No presente estudo foi investigada a sobrevivência, o caminhamento e a dispersão de *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) em plantas de coqueiro, planta hospedeira de sua principal presa – *Aceria guerreronis* Keifer. Inicialmente, fêmeas de *N. baraki* foram confinadas na ausência de alimento em diferentes temperaturas (18-33 °C) e umidades relativas do ar (10-95%), a fim de se estimar sua sobrevivência. Em seguida, foram estimados parâmetros de caminhamento através de um sistema de rastreamento associado a um computador. Adicionalmente, ensaios de colonização de *N. baraki* em frutos infestados por *A. guerreronis* foram conduzidos em diferentes escalas espaciais. Nas condições climáticas de 27 °C e 75% de umidade relativa do ar os ácaros sobreviveram 36 horas, em média, e caminharam 0,9 m em 10 minutos a uma velocidade de aproximadamente 5,6 m/h. Nestas condições, teoricamente, este ácaro tem a capacidade de caminhar aproximadamente 134 m ao longo da vida adulta. Nos ensaios de colonização feitos em diferentes escalas espaciais (laboratório e campo) foi verificada a presença de *N. baraki* em frutos de coqueiro quando estes foram liberados na espiguetta dos frutos e base dos cachos em condições de laboratório. Contudo, nenhum ácaro foi encontrado quando estes foram liberados na base do estipe em condições de campo. Os resultados do presente trabalho mostram que a dispersão intraplanta de *N. baraki* por caminhamento é possível, e deve ser a forma preferencial de acessar frutos infestados por *A. guerreronis* na mesma planta.

PALAVRAS-CHAVE: Predador, caminhamento, temperatura, umidade relativa do ar, controle biológico, coqueiro

SURVIVAL AND WALKING OF *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI:  
PHYTOSEIIDAE) IN FOOD ABSENCE UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTAL  
CONDITIONS: AN INTRAPLANT DISPERSAL APPROACH

ABSTRACT – The dispersal is an essential process to perpetuate the species in the environment, population dynamics, spatial distribution and genetic flow of species. In the present study was investigated the survival, walking and dispersal of *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) in coconut plants main host plant prey – *Aceria guerreronis* Keifer. Initially females of *N. baraki* were confined in the absence of food at different temperatures (18 – 33 °C) and relative humidity (10 – 95%) in order to determine their survival. Then, was estimated the walking parameters through a tracking system associated to a computer. In addition, colonization tests of *N. baraki* on fruits infested fruits with *A. guerreronis* at different spatial scales were conducted. In the climatic conditions of 27 °C and 75% RH mites survived on average for 36 hours and walked 0.9 m in 10 minutes at a velocity of approximately 5.6 m/h. In these conditions, it is possible for this mite to walk approximately 134m throughout adult life. In the colonization tests did at different spatial scales (laboratory and field) was found the presence of *N. baraki* in coconut fruits when they were released at the spikelets and base of bunches in laboratory condition. However no mites were found when they were released at the base of the trunk under field conditions. The results of the present work show that the intraplant dispersal of *N. baraki* by walking is possible, and should be the preferred way to access fruit infested by *A. guerreronis* on the same plant.

KEY WORDS: Predator, walking, colonization, biological control, coconut tree

## Introdução

Artrópodes têm a dispersão como um processo essencial para a sobrevivência (Safriel & Ritte 1980), e conseqüentemente para a dinâmica populacional, distribuição espacial e fluxo gênico (Bowler & Benton 2005). Em ácaros, essa dispersão pode ocorrer através do vento, forésia, caminhamento e também através do transporte de partes de vegetais infestados (Sabelis & Dicke 1985, Evans 1992). Os ácaros ao se dispersarem a longas distâncias utilizam, normalmente, as correntes aéreas ou forésia. Este último ocorre através do transporte sobre outros organismos, como insetos, que apresentam maior capacidade de dispersão (Washburn & Washburn 1983, Sabelis & Dicke 1985, Evans 1992). A dispersão a longas distâncias é realizada principalmente através do vento, e apresenta um maior risco de mortalidade, pois os ácaros podem não “aterrissar” em seu hospedeiro ou em plantas com suas presas preferenciais (Nachman 1988, Croft & Jung 2001). A dispersão por caminhamento ocorre normalmente entre diferentes partes de uma mesma planta ou próximas, a curtas distâncias (Berry & Hotzer 1990, Auger *et al.* 1999, Strong *et al.* 1999, Croft & Jung 2001). Através do caminhamento os fitoseídeos podem fazer uma busca orientada por alimento, abrigo e/ou local apropriado para oviposição (Croft & Jung 2001), com baixo risco de mortalidade (Strong *et al.* 1999).

Os ácaros predadores da família Phytoseiidae se dispersam sob a influência, direta ou indireta, de diversos fatores abióticos, como temperatura (Berry & Holtzer 1990, Coop & Croft 1995, Auger *et al.* 1999, Skirvin & Fenlon 2003), umidade relativa do ar e intensidade da luz (Auger *et al.* 1999), direção do vento (Coop & Croft 1995), proximidade entre plantas (Zemek & Nachmann 1998, Skirvin & Fenlon 2003) e bióticos como a idade do ácaro (Auger *et al.* 1999), densidade de presa (Berry & Holtzer 1990, Zemek & Nachmann 1998, Auger *et al.* 1999) e voláteis emitidos de plantas atacadas (Sabelis & Afman 1994).

Fatores abióticos como temperatura e umidade relativa do ar afetam diretamente a sobrevivência, reprodução e desenvolvimento de ácaros (Williams *et al.* 2004, Ji *et al.* 2013, Mutisya *et al.* 2014). Geralmente, condições ambientais em torno de 27 °C de temperatura e 75% de UR são consideradas ótimas para o desenvolvimento de ácaros fitoseídeos. Portanto, a temperatura é considerada um fator abiótico limitante no desenvolvimento dos ácaros por serem animais poiquilotérmicos (incapazes de regular sua própria temperatura, vulgarmente chamados de animais de “sangue frio”) (Moraes & Flechtmann 2008). No controle biológico aplicado, essas variáveis (temperatura e umidade relativa do ar) podem influenciar o estabelecimento de ácaros predadores (Hart *et al.* 2002) e até interferir nas interações entre eles e suas presas (Berry & Holtzer 1990, Auger *et al.* 1999).

O ácaro predador *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) pertence ao grupo *paspalivorus*, constituído por predadores generalistas da família Phytoseiidae, os quais são adaptados a viver em espaços confinados de plantas monocotiledôneas, entre as bainhas das folhas ou entre brácteas e superfícies subjacentes (McMurtry *et al.* 2013). Esse ácaro é encontrado frequentemente associado a *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) (praga chave do coqueiro) sob as brácteas dos frutos (Moore & Howard 1996). Essa associação é devido às características morfológicas de *N. baraki* como: corpo achatado e setas dorsais curtas (Moraes *et al.* 2004), que facilitam o acesso a populações de *A. guerreronis* sob as brácteas dos frutos (Aratchige *et al.* 2007, Lima *et al.* 2012). Além disso, *N. baraki* destaca-se por apresentar alta taxa de predação (Lima *et al.* 2012), capacidade de localizar e preferir partes da planta infestada com *A. guerreronis* (Melo *et al.* 2011).

A dinâmica populacional da praga e de seus inimigos naturais depende, além dos fatores abióticos, da densidade dependente e da capacidade das espécies de encontrar alimento, abrigo e parceiros para se reproduzir (Sabelis & Dicke 1985, Croft & Jung 2001). *Aceria guerreronis*

busca frutos mais novos da própria planta para se alimentar e reproduzir quando sai do perianto. Já foi provado que *A. guerreronis* consegue, através das espiguetas e folíolos, caminhar através destas estruturas para atingir novos nichos de alimentação na própria planta (Galvão *et al.* 2012). Contudo, pouco se sabe sobre a dispersão por caminhamento de *N. baraki* na planta do coqueiro e como diferentes fatores ambientais podem afetar este deslocamento.

O objetivo deste trabalho foi estudar a dispersão por caminhamento de *N. baraki* e sua sobrevivência em diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar na ausência de alimento. Assim, investigou-se: (i) o tempo de sobrevivência de *N. baraki*, na ausência de alimento, em diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar; (ii) se a capacidade de caminhamento é influenciada pelas diferentes condições de temperatura; (iii) se a colonização de frutos por *N. baraki* depende do local na planta onde se encontra o predador.

## Material e Métodos

**Obtenção dos Ácaros e Criação de *Neoseiulus baraki*.** Frutos de coqueiro infestados com *A. guerreronis* foram coletados na Ilha de Itamaracá-PE (07°46'S, 34°52'W), transportados para o Laboratório de Acarologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em caixas de isopor e armazenados em refrigerador (aproximadamente 10 °C) por até 5 dias para obtenção dos ácaros. As brácteas dos frutos foram retiradas com auxílio de uma tesoura de poda e um extrator de grampos. Os ácaros da família Phytoseiidae foram coletados e montados em lâminas com meio de Hoyer e colocados para secar em estufa a 55 °C. Em seguida, os ácaros foram observados em microscópio óptico Olympus BX41 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão) para classificação (Moraes *et al.* 2004). Após a confirmação da espécie (*N. baraki*), os frutos foram processados para instalação de uma criação com aproximadamente 100 indivíduos. A unidade de criação, de aproximadamente 16 cm de diâmetro, foi constituída de um filme de policloreto de vinila (PVC)

preto de 1 mm de espessura, papel de filtro, espuma de polietileno de 1 cm de espessura e uma placa de Petri, colocados nesta sequência. Algodão hidrófilo umedecido com água destilada foi colocado na borda do PVC para evitar fuga dos ácaros. Cinco fragmentos (aproximadamente 1cm<sup>3</sup>, cada) da epiderme do perianto de frutos de coqueiro infestados com *A. guerreronis* (~ 80-100 indivíduos de diferentes estágios) foram fornecidos diariamente como alimento. As unidades de criação foram mantidas em uma incubadora a  $27 \pm 0,5$  °C,  $75 \pm 5\%$  U.R. e fotoperíodo de 12 h.

**Efeito da Temperatura na Sobrevivência de *Neoseiulus baraki* na Ausência de Alimento.** A unidade experimental foi constituída de células e adesivos obtidos a partir de Bio-ServIncorporation (Bio-AssayTray 128 células), conforme metodologia descrita por Lima *et al.* (2013). Uma fêmea adulta do predador (0-6 h de emergência) foi transferida para cada unidade experimental. A avaliação foi realizada a cada 4 horas, contabilizando o número de fêmeas mortas. As avaliações foram realizadas até não haver mais ácaros vivos. Os ácaros foram considerados mortos quando não conseguiam caminhar o comprimento do corpo quando tocados com um pincel. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Cinco tratamentos representados por diferentes temperaturas (21, 24, 27, 30 e 33 °C), e quarenta e cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição constituída por uma célula (unidade experimental) com uma única fêmea adulta. O experimento foi realizado no interior de incubadoras a 75% de umidade relativa do ar e fotoperíodo de 12 h. Os dados climáticos (temperatura e umidade) foram registrados a cada 5 min. com um HoboDataLogger<sup>®</sup> colocado no interior da incubadora.

**Efeito da Umidade Relativa do Ar na Sobrevivência de *Neoseiulus baraki* na Ausência de Alimento.** Diferentes níveis de umidades relativas do ar foram utilizados no experimento (10, 25, 40, 75, 80, 89 e 95%), e obtidos através da adaptação do método de Langmuir (1917). Este método é baseado no equilíbrio, em um sistema fechado, onde a taxa de evaporação de uma substância (água) é igual à taxa de adsorção de superfície (sílica) em uma temperatura constante

(27 °C). Na base inferior interna de um dessecador (capacidade 9L) foram colocadas quantidades de água destilada e/ou gel de sílica em recipientes separados, promovendo diferentes umidades relativas do ar. Através desse método foi possível obter as seguintes umidades: 10, 25, 40, 75 e 95% de acordo Melo *et al.* (2014), e 80 e 89% de acordo com Moya (2016). Um HoboDataLogger<sup>®</sup> foi utilizado para registrar a cada cinco minutos a umidade e temperatura dentro do dessecador. Quarenta e cinco repetições por tratamento (umidades) foram utilizadas, sendo cada repetição constituída por uma célula (Bio-ServIncorporation), contendo uma única fêmea adulta. Cada dessecador foi mantido em incubadora (27 ± 0,5 °C e fotoperíodo de 12h). O dessecador foi aberto a cada 4 horas para realização das avaliações, que foram realizadas conforme experimento anterior.

**Estimativa da Caminhada Percorrida por *Neoseiulus baraki*.** O caminhar de *N. baraki* foi observado em uma unidade experimental, conforme metodologia descrita por Lima *et al.* (2013), que consistia de um disco de PVC preto, com 3 cm de diâmetro e 1mm de espessura. Os discos foram fixados perpendicularmente em um suporte de madeira (2 mm de diâmetro e 1cm de altura) fixados no centro de uma placa de Petri (6,0 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura) com cola quente (Marca: Vonder, cola em bastão para pistola). Água destilada foi adicionada para preencher a placa de Petri até a altura do disco de PVC. Em seguida, uma fêmea foi transferida para o centro do disco, e a unidade experimental foi levada para o sistema de rastreamento de videotrack (ViewPoint Life Sciences, Montreal, Quebec, Canadá) a 27 °C e 75% UR. O caminhar foi registrado por 10 minutos. Vinte fêmeas adultas (0-6 h de emergência) alimentadas como na criação foram testadas, cada uma representando uma repetição. A distância caminhada, velocidade média de caminhar e tempo médio de repouso foram estimados para cada fêmea pelo software. A distância de quão longe *N. baraki* poderia caminhar ao longo de sua vida na ausência de alimento ( $D_{tw}$ ) foi estimada através da velocidade média de caminhar

( $V_m \cdot h^{-1}$ ) e da fração de tempo gasto (A), andando a 27 °C e 75%UR em dez min., e dos tempos médios de sobrevivência ( $T_s$ ) em horas, medidos em diferentes temperaturas (18, 21, 24, 27, 30 e 33 °C, a 75% UR), utilizando a equação usada por Melo *et al.* (2014):

$$D_{tw} = T_s \cdot V_m \cdot A$$

### **Liberação e Recaptura de *Neoseiulus baraki* em Diferentes Escalas Espaciais.**

**Liberação na Espigueta do Fruto** - Frutos com idades entre três a quatro meses (folha 13 a 14), de acordo com a filotaxia do coqueiro (Sobral 1994) e com 16 a 32% de intensidade de dano (necrose) por *A. guerreronis*, conforme escala de notas descrita por Galvão *et al.* (2008) foram coletados na Ilha de Itamaracá-PE (07°46'S, 34°52'W), transportados para o Laboratório de Acarologia da UFRPE e utilizados no mesmo dia para instalação do experimento. Cada fruto foi fixado em uma base de gesso moldada em um copo plástico descartável de 200 mL, que foi preenchido com 150 mL de gesso diluído em água. Um prego de 6 cm de comprimento foi fixado na parte superior da base, com o gesso ainda fresco. Após a secagem do gesso o copo plástico foi removido. Cada fruto foi fixado em uma base de gesso, sendo introduzido aproximadamente 2 cm da parte distal do fruto no prego. Na região de contato do fruto com o prego foi formada uma barreira com cola entomológica (Isca Pega, Isca Ferramentas e Soluções para Manejo de Pragas), conforme a metodologia empregada por Silva *et al.* (2017). A espigueta foi cortada a 3 cm de distância da inserção do fruto. Trinta fêmeas adultas de *N. baraki* foram marcadas com auxílio de um pincel N° 000 com um único pelo, com tinta fluorescente (Blacklight Reactive Fluorescent Acrylic Paint) na parte final do dorso do opistossoma. Estas fêmeas foram liberadas na espigueta de cada fruto. Após 4 horas, o número de ácaros marcados com tinta fluorescente presentes na superfície do fruto e sob as brácteas foi quantificado. Para identificação dos ácaros marcados foi utilizada uma lâmpada ultravioleta (Blacklight, Ourolux, 50/60 Hz) de 20W. Cada fruto representou uma repetição, totalizando cinco repetições no experimento.

**Liberção no Cacho** - Cachos com idades entre três a quatro meses (folha 13 a 14), de acordo com a filotaxia do coqueiro (Sobral 1994), cujos frutos apresentavam de 16 a 32% de intensidade de dano (necrose) foram coletados na Ilha de Itamaracá-PE (07°46'S, 34°52'W), transportados para o Laboratório de Acarologia da UFRPE e utilizados no mesmo dia para instalação do experimento. Uma toaleta foi realizada no cacho, deixando-se 30 cm da parte basal da raque do cacho (antes da primeira inserção de espiguetas) e 10 frutos, sendo um por espiguetas. Um balde plástico com capacidade para 10 L foi preenchido com gesso diluído em água para formar uma base de suporte para o cacho. A raque do cacho foi inserida em um orifício central feito na base de gesso, de forma que o cacho se mantivesse ereto. A base da raque foi então circundada com cola entomológica. Na base da raque do cacho, acima da cola, 100 fêmeas adultas de *N. baraki* marcadas com tinta fluorescente foram liberadas. Após 24 h os frutos foram retirados e o número de ácaros marcados com tinta fluorescente presentes na superfície do fruto e sob as brácteas foi quantificado. Para identificação dos ácaros marcados foi utilizada uma lâmpada ultravioleta (Blacklight, Ourolux, 50/60 Hz) de 20W. Cada cacho representou uma repetição, totalizando quatro no experimento.

**Liberção no Estipe do Coqueiro** - No campus da UFRPE foram escolhidas quatro plantas de coqueiro (variedade Anão-verde) com aproximadamente 5 anos de idade e um metro de altura de estipe. Cachos semelhantes aos escolhidos no experimento anterior ("*Liberção de N. baraki na espiguetas do fruto*"), cujos frutos apresentavam intensidade de dano (necrose) por *A. guerreronis* de 4 a 8% (cacho 3), 8 a 16% (cacho 4) e 16 a 32% (cacho 5) (Galvão *et al.* 2008) foram deixados em cada planta. Os demais cachos foram retirados. Em seguida, deixou-se apenas dez frutos de cada cacho (3-5) com suas respectivas espiguetas. A base do estipe foi circundada com cola entomológica e acima da cola (5 cm) 200 fêmeas adultas de *N. baraki* marcadas com tinta fluorescente foram liberadas. Após 48 h, os cachos foram retirados e o número de ácaros

marcados com tinta fluorescente presentes na superfície do fruto e sob as brácteas foi quantificado. Para identificação dos ácaros marcados foi utilizada uma lâmpada ultravioleta (Blacklight, Ourolux, 50/60 Hz) de 20 W. Cada planta representou uma repetição, totalizando quatro repetições no experimento.

**Análise Estatística.** Os dados dos bioensaios de sobrevivência foram analisados através do procedimento não-paramétrico LIFETEST de SAS (SAS Institute 2008), comparadas pelo teste de log-rank. Os tempos de sobrevivência obtidos a cada temperatura ou umidade relativa foram submetidos à análise de regressão com a temperatura ou umidade relativa do ar como variáveis independentes e o tempo de sobrevivência como variável dependente (Proc REG; SAS Institute, 2008). As médias do número de ácaros marcados com tinta fluorescente e recapturados na superfície do fruto e sob as brácteas, região habitada por *A. guerreronis* (perianto), nos diferentes locais de liberação (espiguetas, cachos e estipes), foram submetidas a teste de normalidade (teste de Kolmogorov) e homogeneidade (teste de Barlett), sendo posteriormente comparadas pelo Teste-*t Student's* (Método Satterthwaite: igualdade de variância), usando o Proc TTEST (SAS Institute 2008).

## Resultados

**Efeito da Temperatura na Sobrevivência de *Neoseiulus baraki* na Ausência de Alimento.** O tempo total de sobrevivência de *N. baraki* reduziu com o aumento da temperatura de 18 a 33 °C ( $P < 0,0001$ ). No entanto, não foi significativamente diferente entre as temperaturas de 24 e 27 °C ( $\chi^2 < 1,48$ ; g.l.= 1;  $P > 0,2236$ ), e entre 30 e 33 °C ( $\chi^2 < 0,0048$ ; g.l.=1;  $P > 0,9448$ ). Os ácaros sobreviveram no máximo 190 horas a 18 °C e 25 horas a 33 °C (Fig. 1). O tempo médio (50%) de sobrevivência diminuiu significativamente com o aumento da temperatura (Tabela 1, slope = -4,32,  $P < 0,0001$ ) (Fig. 2).

**Efeito da Umidade Relativa do Ar na Sobrevivência de *Neoseiulus baraki* na Ausência de Alimento.** A sobrevivência de *N. baraki* aumentou com o aumento da umidade relativa do ar (de 10% a 95%) a 27 °C ( $P < 0,0001$ ), contudo não foi significativamente diferente entre as umidades relativas de 10% e 25% UR ( $\chi^2 < 0,88$ ; g.l.= 1;  $P > 0,3465$ ) e entre 89% e 95% UR ( $\chi^2 < 1,14$ ; g.l.= 1;  $P > 0,2862$ ). Os ácaros sobreviveram no máximo 10 horas a 10% UR e 304 horas a 95% (Fig. 3). O tempo médio de sobrevivência aumentou significativamente com o aumento da umidade relativa do ar (Tabela1, slope = 1,26,  $P < 0,0001$ ) (Fig. 4).

**Estimativa de Caminhada Percorrida por *Neoseiulus baraki*.** A distância média percorrida pelo ácaro em 10 minutos foi de  $0,9 \pm 0,04$  m. A velocidade média do caminhar foi de  $5,6 \pm 0,25$  m/h. As estimativas de caminhar, considerando apenas o efeito das temperaturas (18 a 33 °C) sobre o tempo de sobrevivência estão representadas na figura 5.

**Liberação e Recaptura de *Neoseiulus baraki* em Diferentes Escalas Espaciais.** Foram observadas diferenças entre a quantidade de *N. baraki* encontrados na superfície do fruto e sob as brácteas do fruto, quando liberados na espiguetta ( $t_{5,3} = -4,54$ ;  $P = 0,0054$ ) e raque do cacho ( $t_{3,09} = 10,17$ ;  $P = 0,0018$ ). Em ambos, a maior parte dos ácaros foi encontrada sob as brácteas do fruto (perianto) (Fig. 6). Quando a liberação foi feita no estipe não foi encontrado *N. baraki* marcado em nenhum dos frutos avaliados dos cachos 3-5.

## Discussão

Os resultados mostraram que: (i) fêmeas de *N. baraki* sobreviveram por menos tempo com a elevação da temperatura e redução da umidade relativa do ar; (ii) as estimativas das distâncias percorridas por *N. baraki* aumentaram com a diminuição da temperatura; (iii) o caminhar é uma das formas de dispersão intraplanta de *N. baraki*, no entanto, a capacidade de colonização de

frutos infestados com *A. guerreronis* depende da parte da planta em que o ácaro predador se encontra.

As condições abióticas podem afetar a sobrevivência do ácaro e indiretamente seu deslocamento durante o processo de dispersão. Quando submetido a temperaturas próximas dos limites máximos e mínimos de desenvolvimento, como 18 °C e 33 °C, *N. baraki* pode caminhar aproximadamente 500 m e 100m, respectivamente. Esse resultado mostra que em determinada faixa de temperatura (18 a 33°C), *N. baraki* pode se dispersar intraplanta em busca de outro fruto no mesmo cacho ou frutos de outro cacho da mesma planta. Os frutos do coqueiro são fixados nas espiguetas que estão distribuídas ao longo da raque da inflorescência. As folhas e suas respectivas inflorescências são emitidas em torno do caule da planta (estipe) em espiral, com um ângulo de aproximadamente 120° da anterior, e estas ficam envolvidas na base do caule (estipe) por fibras (lanugem) (Sobral 1994). Desta forma, as espiguetas das inflorescências mais novas ficam, frequentemente, em contato com as espiguetas e frutos daquelas mais velhas situadas abaixo (Moore & Alexander 1987). O mesmo ocorre com os folíolos basais das folhas. O comprimento máximo destas espiguetas e folíolos não excede 1 m (Sobral 1994). Portanto, *N. baraki* provavelmente passa de um fruto velho (onde encontra escassez de alimento) para outro fruto do mesmo cacho infestado com *A. guerreronis* (onde teria abundância de alimento) ou caminha para a base da folha do cacho e posteriormente acessa outra folha a caminho de um cacho mais novo ou o faz diretamente através das espiguetas. Portanto, independentemente das condições de temperatura (18 – 33 °C) e umidade relativa do ar (10 – 95%) aqui estudada, *N. baraki* tem potencial de caminamento que excede e muito as dimensões destas estruturas da planta (espiguetas e folíolos), podendo facilmente acessar frutos do mesmo cacho ou de cachos mais novos da planta onde exista oferta abundante de alimento. Provavelmente, o deslocamento de *N. baraki* entre frutos de uma mesma planta se dá muito rapidamente, sendo este ácaro orientado por

estímulos olfativos (Melo *et al.* 2011). Um dado que corrobora esta informação pode-se verificar em Lawson-Balagbo *et al.* (2008). Estes autores realizaram um extenso levantamento dos inimigos naturais de *A. guerreronis* em frutos e folíolos em todo o litoral do Norte e Nordeste do Brasil e encontraram um total de 1171 espécimes de *N. baraki* no perianto de frutos associados com *A. guerreronis*, contudo não encontraram nenhum ácaro desta espécie em folíolos, indicando que este predador sabe se orientar na planta do coqueiro e acessa frutos novos com muita rapidez.

A dispersão de *N. baraki* por caminhamento é importante por estar diretamente relacionada a sua busca por alimento. Deve-se ressaltar que fatores como densidade da presa (Sabelis & Dicke 1985; Berry & Holtzer 1990), temperatura, umidade, idade do predador, intensidade de luz, e estágio fenológico da planta já foram reportados influenciando a dispersão por caminhamento de ácaros predadores (Auger *et al.* 1999). Exemplos destes fatores influenciando a dispersão por caminhamento de ácaros predadores são relatados na literatura como: *Phytoseilus persimilis* Athias-Henriot que reduziu sua dispersão com o aumento na densidade da presa (*Tetranychus urticae* Koch) (Zemeck & Nachman 1998); *Neoseiulus fallacis* (Garman) que dispersou mais por caminhamento, conforme houve o aumento da temperatura e umidade (Penman & Chapman 1980, Jung & Croft 2000) e *Neoseiulus californicus* (McGregor) que teve maior dispersão quando exposto a alta intensidade de luz e baixa umidade (Auger *et al.* 1999).

*Neoseiulus baraki* pôde sobreviver 1,5 dias (36 horas) a 27 °C e 75% de UR sem se alimentar. Essas são as condições médias ambientais próximas às encontradas em regiões tropicais litorâneas, onde predominam as áreas de cultivo do coqueiro. Esse resultado pode ser ainda maior, considerando que *N. baraki* é um predador generalista (subtipo III-d) (McMurtry *et al.* 2013) e pode se alimentar de outros ácaros das ordens Astigmata e Prostigmata (Tarsonemidae e Tetranychidae), além de pólen e alguns tipos de fungo (Domingos *et al.* 2010). Assim, este predador pode encontrar alimentos alternativos e retirar umidade destes durante o processo de

dispersão, o que pode elevar ainda mais a probabilidade de encontrar a sua presa preferencial, já que o mesmo poderá sobreviver por mais tempo do que o estimado no presente estudo.

A liberação e recaptura de *N. baraki* em diferentes escalas espaciais mostrou que este se desloca facilmente por caminhamento em um mesmo cacho, e provavelmente sai de um fruto para se dispersar e penetra na região abaixo das brácteas de outro fruto em um período curto de tempo (4h). Esse fato mostra que assim como *A. guerreronis*, *N. baraki* também pode utilizar as espiguetas dos cachos e folíolos como ponte para se dispersar intraplanta (entre os frutos de coqueiro). Embora tenha sido observada a presença do predador em frutos de coqueiro após a liberação na base do cacho e nas espiguetas (em condições de laboratório), não foi encontrado predador quando este foi liberado na base do estipe da planta do campo. Esse resultado mostra que a dispersão por caminhamento parece ser dificultada quando este predador necessita percorrer maiores distâncias. Portanto, é possível que os predadores que caem no solo por ocasião do abortamento de frutos não consigam acessar a copa das plantas. Desta forma é provável que a dispersão intraplanta seja predominantemente feita através do caminhamento, enquanto a colonização por *N. baraki* entre plantas infestadas por *A. guerreronis* seja feita pelo vento, uma vez que normalmente em plantios comerciais os folíolos de diferentes plantas não se tocam.

Os resultados do presente trabalho mostram que a dispersão intraplanta por *N. baraki* ocorre provavelmente por caminhamento e deve ser a principal estratégia desse predador sobreviver em plantas de coqueiro. Esse fato torna o potencial de *N. baraki* como agente de controle de *A. guerreronis* ainda mais evidente, deixando clara a sua importância dentro do sistema do coqueiro.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo, possibilitando a realização desta pesquisa.

## Literatura Citada

- Aratchige, N.S., M.W. Sabelis & I. Lesna. 2007.** Plant structural changes due to herbivory: do changes in *Aceria*-infested coconut fruits allow predatory mites to move under the perianth? *Exp. Appl. Acarol.* 43: 97-107.
- Auger, P., M.S. Tixier, S. Kreiter & G. Fauvel. 1999.** Factors affecting ambulatory dispersal in the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23: 235-250.
- Berry, J.S. & T.O. Holtzer. 1990.** Ambulatory dispersal behavior of *Neoseiulus fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in relation to prey density and temperature. *Exp. Appl. Acarol.* 8: 253-274.
- Bowler, D.E. & T.G. Benton. 2005.** Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behavior to spatial dynamics. *Biol. Rev.* 80: 205-225.
- Coop, L.B. & B.A. Croft 1995.** *Neoseiulus fallacis*: dispersal and biological control of *Tetranychus urticae* following minimal inoculations into a strawberry field. *Exp. Appl. Acarol.* 19: 31-43.
- Croft, B.A. & C. Jung. 2001.** Phytoseiid dispersal at plant to regional levels: a review with emphasis on management of *Neoseiulus fallacis* in diverse agroecosystems. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 763-784.
- Domingos, C.A., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, L.M. Lawson-Balagbo & P. Schausberger. 2010.** Diet-dependent life history, feeding preference and thermal requirements of the predatory mite, *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 50: 201-215.
- Evans, G.O. 1992.** Principles of Acarology. Wallingford, C.A.B. International, 563p.
- Galvão, A.S., J.W.S. Melo, V.B. Monteiro, D.B. Lima, G.J. Moraes & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 1-13.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.V. Oliveira. 2008.** Exigências térmicas e tabela de vida e fertilidade de *Amblyseius largoensis*. *Ciênc. Rural* 38: 1817-1823.
- Hart, A.J., J.S. Bale, A.G. Tullett, M.G. Worland & K.F.A. Walters. 2002.** Effects of temperature on the establishment potential of the predatory mite *Amblyseius californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) in the UK. *J. Insect Physiol.* 48: 593-599.
- Jung, C. & B.A. Croft. 2000.** Survival and plant-prey finding by *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) on soil substrates after aerial dispersal. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 579-59.

- Ji, J., T. Lin, Y. Zhang, L. Sun, Y. Saito, J. Lin & X. Chen. 2013.** Effects of starvation and humidity on the development and survival of *Amblyseius swirskii*, *Agistemus exsertus* and *Amblyseius eharai*. Syst. Appl. Acarol. 18: 321-328.
- Langmuir, I. 1917.** The constitution and fundamental properties of solids and liquids. II Liquids. J. Am. Chem. Soc. 39: 1848-1906.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2008a.** Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. Bull. Entomol. Res. 98: 83-96.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2012.** Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis*. Exp. Appl. Acarol. 56: 233-246.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013.** Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. Exp. Appl. Acarol. 60: 381-393.
- McMurtry, J.A., G.J. Moraes & N.F. Sourassou. 2013.** Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implication for biological control strategies. Syst. Appl. Acarol. 18: 297-320.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2011.** Olfactory response of predatory mites to vegetative and reproductive parts of coconut palm infested by *Aceria guerreronis*. Exp. Appl. Acarol. 55: 191-202.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2014.** Limits to ambulatory displacement of coconut mites in absence and presence of food-related cues. Exp. Appl. Acarol. 62: 449-461.
- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts, p. 561-570. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier, 790p.
- Moore, D. & L. Alexander. 1987.** Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). Bull. Entomol. Res. 77: 641-650.
- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos Editora, 308p.
- Moraes, G.J., P.C. Lopes & L.C.P. Fernando. 2004.** Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) of coconut growing areas in Sri Lanka, with descriptions of three new species. J. Acarol. Soc. Jpn. 13: 141-160.

- Moya, C.A.G. 2016.** *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): hospedeiros nativos no Brasil e potencial de *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) para seu controle biológico. Tese de Doutorado, UFRPE, Recife, 81p.
- Mutisya, D.L., E.M. El-Banhawy, C.W. Kariuki & C.P.M. Khamala. 2014.** *Typhlodromalus aripo* De Leon (Acari: Phytoseiidae) development and reproduction on major cassava pests at different temperatures and humidities: an indication of enhanced mite resilience. *Acarologia* 54: 395-407.
- Nachman, G. 1988.** Regional persistence of locally unstable predator/prey populations. *Exp. Appl. Acarol.* 5: 293-318.
- Penman, D.R. & R.B. Chapman. 1980.** Effect of temperature and humidity on the locomotory activity of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), *Typhlodromus occidentalis* and *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae). *Acta Ecologica* 1: 253-269.
- Sabelis, M.W. & B.P. Afman. 1994.** Synomone-induced suppression of take-off in the phytoseiid mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. *Exp. Appl. Acarol.* 18: 711-721.
- Sabelis, M.W. & M. Dicke. 1985.** Long-range dispersal and searching behavior. p. 141-157. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds) *Spider mites. Their biology, natural enemies and control.* Amsterdam, Elsevier, 458p.
- Safriel, U.N. & U. Ritte. 1980.** Criteria for the identification of potential colonizers. *Biol. J. Linn. Soc. Lond.* 13: 287-297.
- SAS. 2008.** SAS/STAT user's guide. SAS Institute, Cary, NC.
- Silva, V.F., G.V. França, J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2017.** Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. *J. Pest Sci.* 90: 207-215.
- Skirvin, D. & J. Fenlon. 2003.** Of mites and movement: the effects of plant connectedness and temperature on movement of *Phytoseiulus persimilis*. *Biol. Control* 27: 242-250.
- Sobral, L.F. 1994.** Nutrição e adubação do coqueiro, p. 156-199. In J.M.S. Ferreira, D.R.N. Warwick & L.A. Siqueira (eds). *A cultura do coqueiro no Brasil.* Aracaju, Embrapa-SPI, 309p.
- Strong, W.B., D.H. Slone & B.A. Croft. 1999.** Hops as a metapopulation landscape for tetranychid phytoseiid interactions: perspectives of intra- and interplant dispersal. *Exp. Appl. Acarol.* 23: 581-597.
- Washburn, J.O. & L. Washburn. 1983.** Active aerial dispersal of min wingless arthropods: exploitation of boundary-layer velocity gradients. *Science* 23: 1088-1089.

**Williams, M.E.C., L. Kravar-Garde, J.S. Fenlon & K.D. Sunderland. 2004.** Phytoseiidae mites in protected crops: the effect of humidity and food availability on egg hatch and adult life span of *Iphiseius degenerans*, *Neoseiulus cucumeris*, *N. californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 32: 1-13.

**Zemek, R. & G. Nachman. 1998.** Interactions in a tritrophic acarine predator-prey metapopulation system: effects of *Tetranychus urticae* on the dispersal rates of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 22: 259-278.

Tabela 1. Estatísticas para efeito da temperatura e umidade relativa na sobrevivência de *Neoseiulus baraki* na ausência de alimento.

| Fatores Ambientais | Estatísticas Gerais |                            |                  |                |         |
|--------------------|---------------------|----------------------------|------------------|----------------|---------|
|                    | n                   | Inclinação $\pm$ EP (P)    | Intercepto (P)   | R <sup>2</sup> | P       |
| Temperatura        | 243                 | -4,32 $\pm$ 0,37 (<0,0001) | 146,58 (<0,0001) | 0,35           | <0,0001 |
| Umidade Relativa   | 262                 | 1,26 $\pm$ 0,11 (<0,0001)  | -26,62 (0,0004)  | 0,33           | <0,0001 |

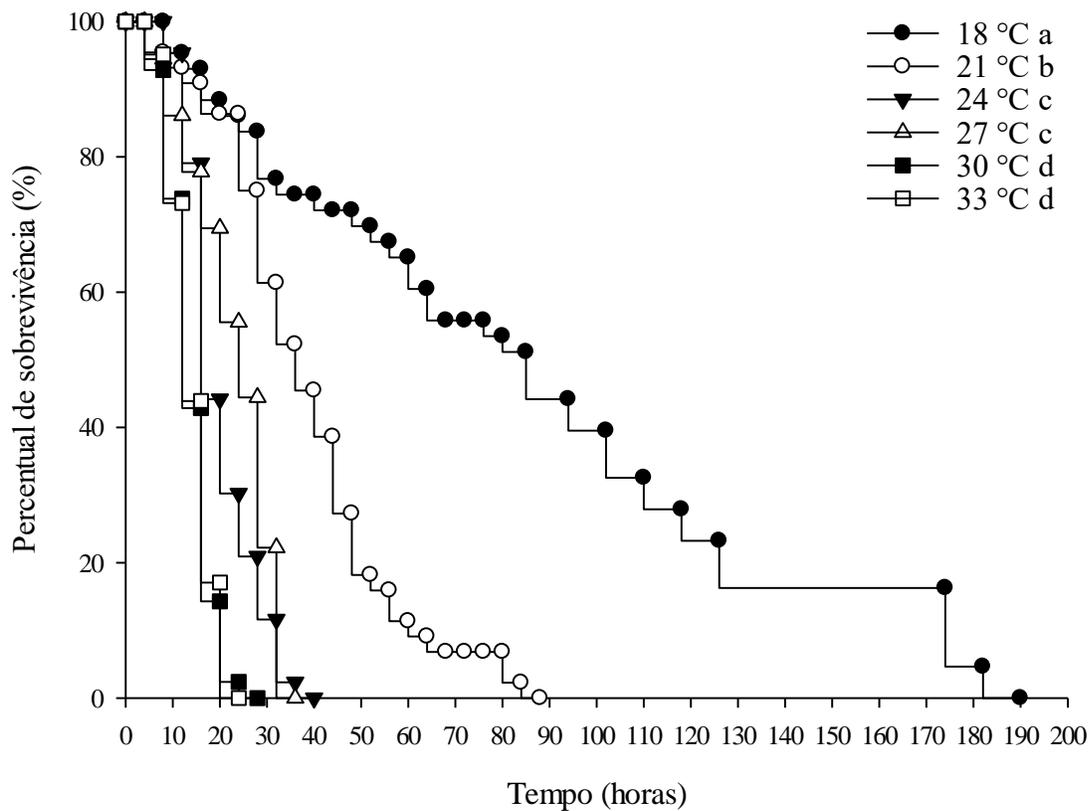


Figura 1. Curva de sobrevivência de fêmeas adultas de *Neoseiulus baraki* na ausência de alimento em diferentes temperaturas. Letras diferentes indicam que as curvas são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade por pares de comparações (teste de Chi-quadrado).

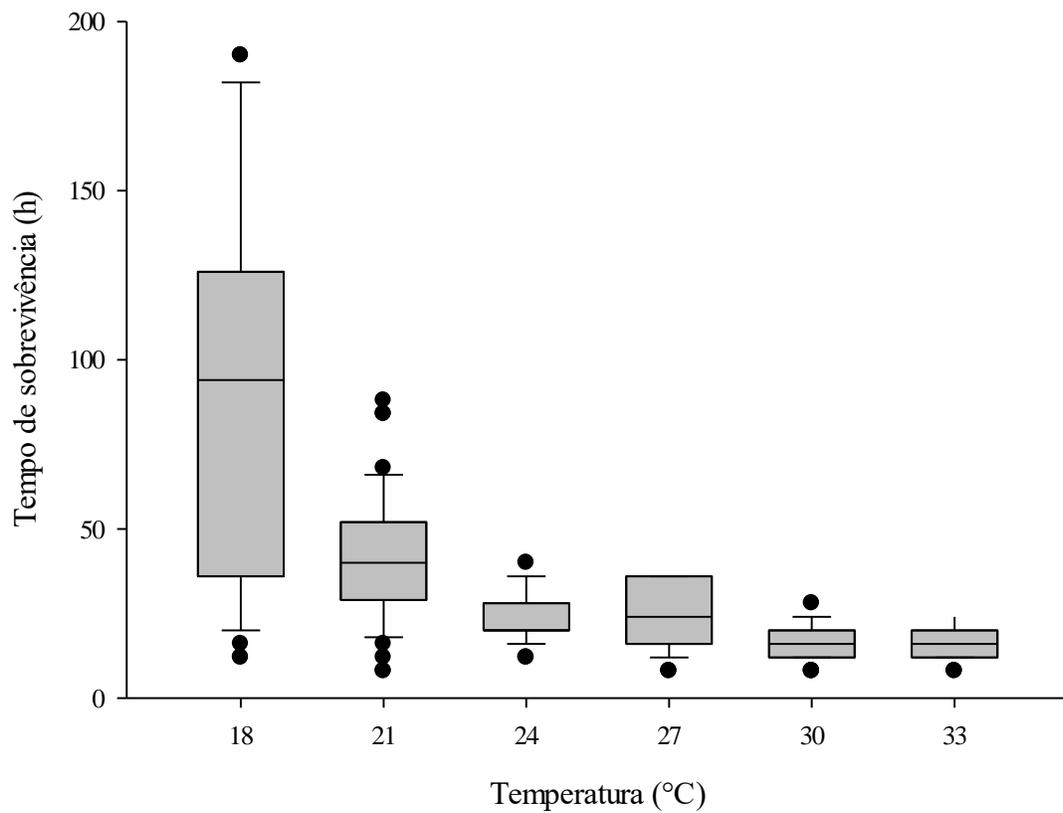


Figura 2. Efeito da temperatura no tempo médio de sobrevivência de fêmeas de *Neoseiulus baraki* na ausência de alimento.

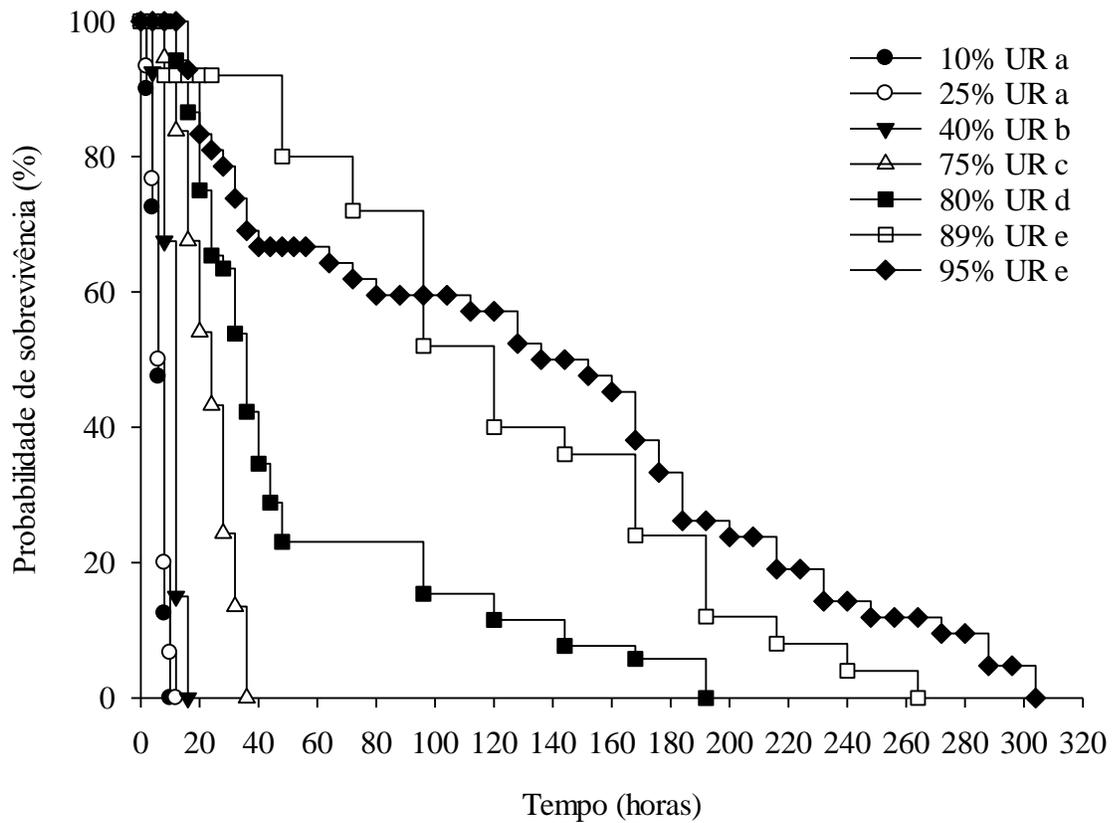


Figura 3. Curva de sobrevivência de fêmeas adultas de *Neoseiulus baraki* na ausência de alimento em diferentes umidades relativas do ar a 27 °C. Letras diferentes indicam que as curvas são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade por pares de comparações (teste de Chi-quadrado).

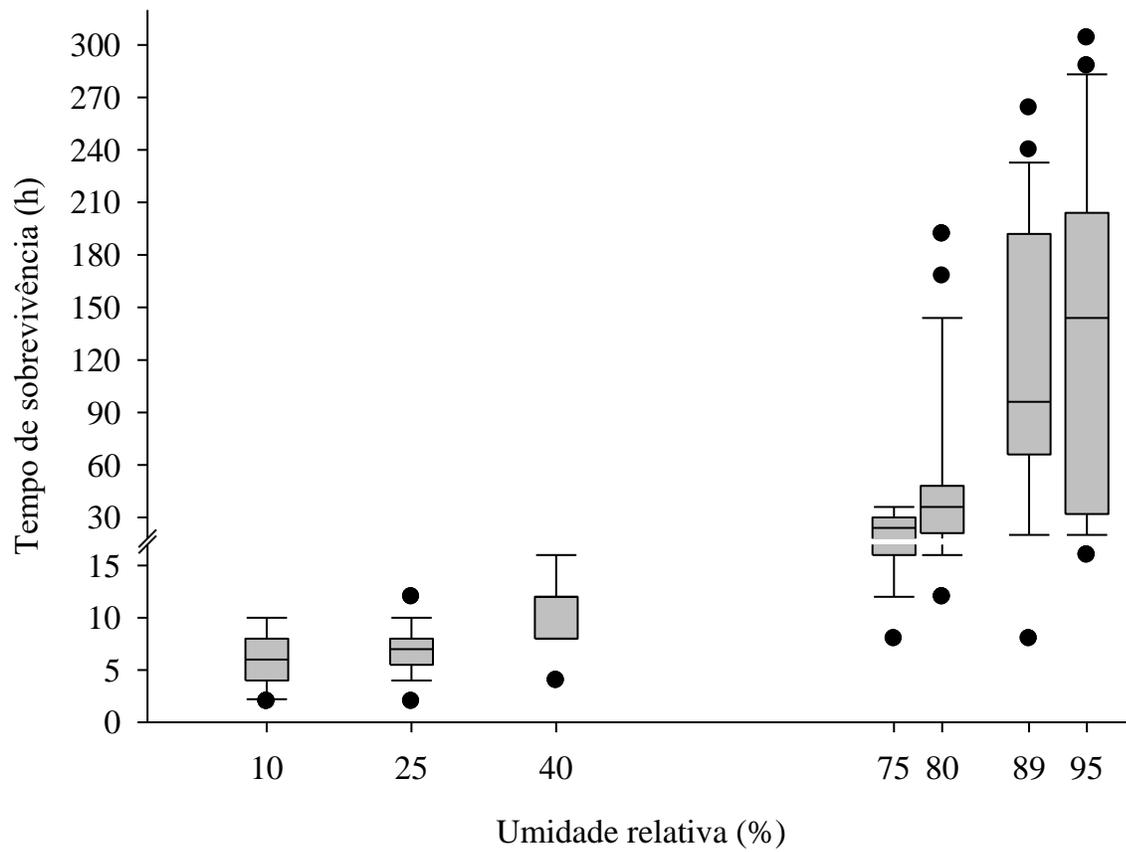


Figura 4. Efeito da umidade relativa sobre o tempo médio de sobrevivência de fêmeas de *Neoseiulus baraki* na ausência de alimento.

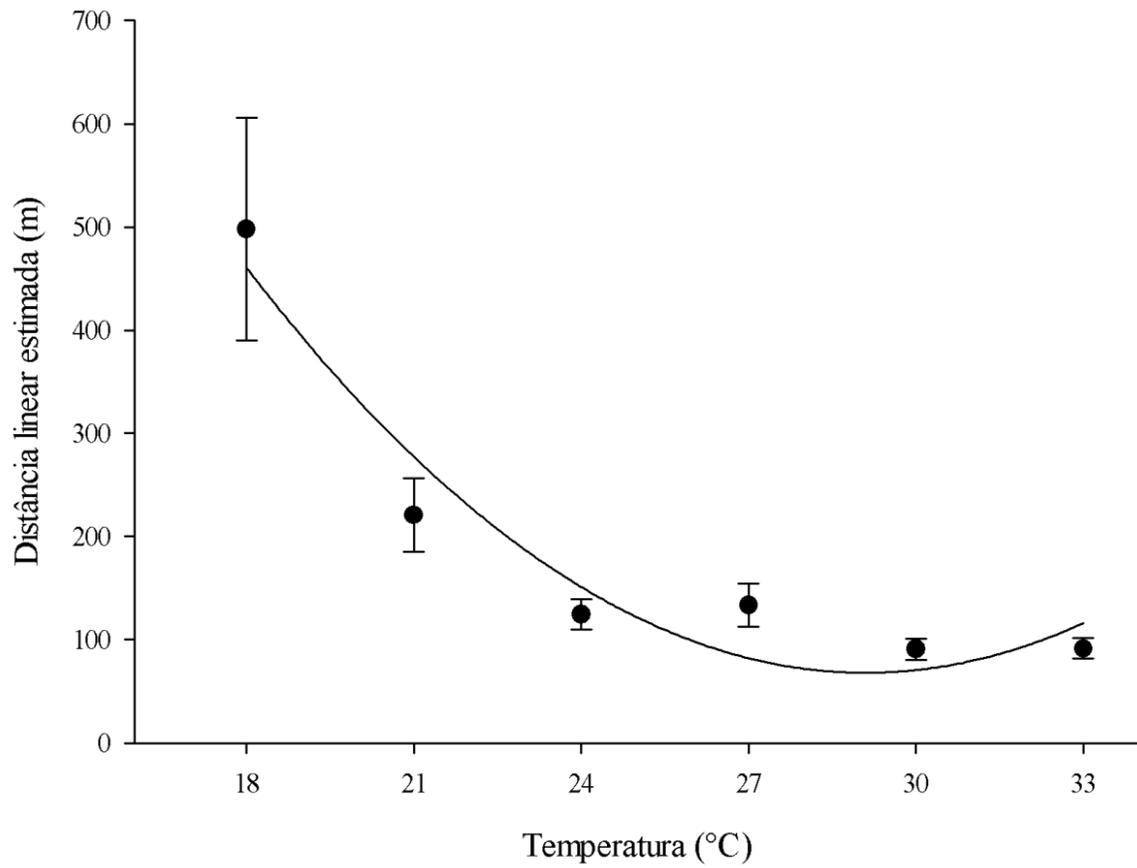


Figura 5. Caminhamento estimado de *Neoseiulus baraki* na ausência de alimento ao longo de sua vida em diferentes temperaturas.

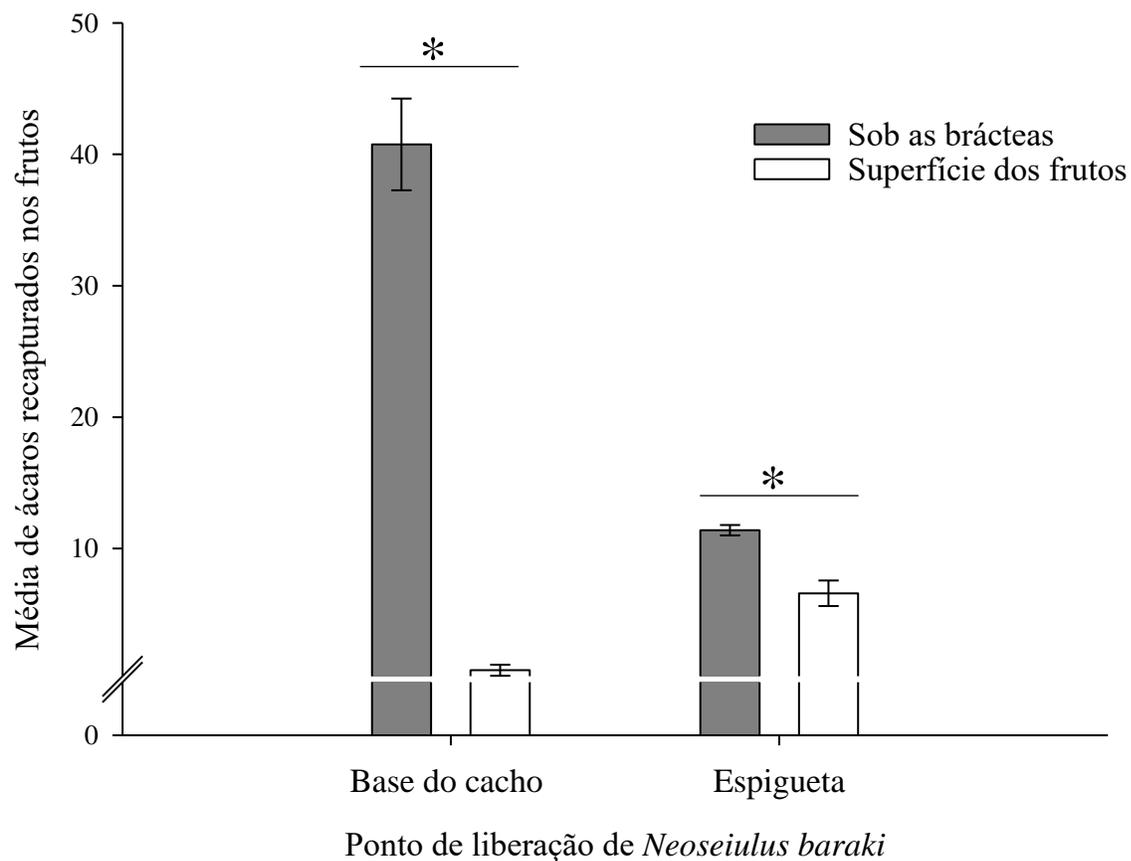


Figura 6. Número médio de *Neoseiulus baraki* marcados recapturados na superfície e sob as brácteas dos frutos, após liberação na espiguetas (avaliação após quatro horas), base do cacho (avaliação após 24 horas). Asteriscos indicam que as médias são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade.

## CAPÍTULO 4

### COLONIZAÇÃO DE *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) MEDIADA POR ACARICIDAS EM FRUTOS INFESTADOS COM O ÁCARO-DO-COQUEIRO

VANESKA BARBOSA MONTEIRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av.

Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

---

<sup>1</sup>Monteiro, V.B. Colonização de *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) mediada por acaricidas em frutos infestados com o ácaro-do-coqueiro. Submetido a Journal of Economic Entomology.

RESUMO - O caminhar é uma importante forma de dispersão intraplanta e colonização por ácaros predadores, o que pode ser potencialmente afetado pela presença de resíduo acaricida. Esta possibilidade foi investigada em frutos de coqueiro infestados com o ácaro-do-coqueiro (*Aceria guerreronis* Keifer), onde foi monitorada a colonização pelo predador *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot). A influência dos seguintes acaricidas foi avaliada neste processo de colonização pelo ácaro predador: abamectina, azadiractina e fenpiroximato, além de frutos não contaminados. Experimentos foram conduzidos com e sem chance de escolha em frutos de coqueiro com liberação e recaptura de fêmeas de *N. baraki* marcadas com tinta fluorescente. Foi também realizado um experimento de confinamento em raques de cachos de coqueiro pulverizados (ou não) com os acaricidas. Verificou-se que *N. baraki* evita o contato com áreas tratadas com acaricidas. A quantidade de predadores recapturados foi maior sob as brácteas do que na superfície dos frutos, quando liberados tanto nos frutos quanto na raque do cacho. A quantidade de *N. baraki* recapturada em todos os experimentos foi menor nos tratamentos com acaricidas do que no controle. Dentre os acaricidas testados, azadiractina foi o que menos prejudicou a colonização pelo predador *N. baraki*. Portanto, a presença dos acaricidas testados interfere na dispersão intraplanta por caminhar e colonização de frutos por *N. baraki*.

PALAVRAS-CHAVE: Dispersão intraplanta, recaptura, ácaro predador, caminhar

ACARICIDE-MEDIATED COLONIZATION OF MITE-INFESTED COCONUTS BY THE  
PREDATORY PHYTOSEID *Neoseiulus baraki*

ABSTRACT – The walking is an important form of intraplant dispersal and colonization by predatory mites, which may be potentially affected by the presence of the acaricide residue. This possibility was investigated in coconut fruits infested with coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer), where was monitored the colonization by the predatory mite *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot). The influence of the following acaricides was evaluated in this process of colonization by predatory mite: abamectin, azadirachtin, fenpyroximate, besides uncontaminated fruits. Experiments were conducted with and without a choice of coconut fruit with release and recaptured of *N. baraki* females marked with fluorescent ink. A confinement experiment was realized on rachis of bunches de coconut plant pulverized (or not) with the acaricides. It was verified that *N. baraki* avoids the contact with areas treated with acaricides. The amount of recaptured predators was higher under the bracts than on the surface of the fruits, when released in both the fruits and the rachis of the bunch. The amount of *N. baraki* recaptured in all experiments was lower in the treatments with acaricides than in the control. Among the acaricides tested, azadirachtin was the one that lasted affected the colonization by the predator *N. baraki*. Therefore, the presence of the tested acaricides actually interferes with the intraplant dispersal by walking and colonization of fruits by *N. baraki*.

KEY WORDS: Intraplant dispersal, recapture, predatory mite, walking

## Introdução

A dispersão é um importante comportamento constituído por etapas distintas relacionadas a saída de um local (emigração), movimento entre habitats (deslocamento) e estabelecimento em outro local (imigração) (Begon *et al.* 2007, Ronce *et al.* 2007, Clobert *et al.* 2009). Através da dispersão é possível a exploração de vários recursos do ambiente no tempo e no espaço (Ronce *et al.* 2007), o que torna esse comportamento essencial para a sobrevivência (Safriel & Ritte 1980), causando consequências para a dinâmica populacional, distribuição espacial e genética das populações (Bowler & Benton 2005).

A dispersão de ácaros pode ser passiva ou ativa. A dispersão passiva ocorre, normalmente, quando os ácaros são transportados através de vegetais e suas partes devido à ação antrópica (Evans 1992). Ativamente, os ácaros podem se dispersar caminhando, e devido ao seu pequeno tamanho e ausência de asas alcançam normalmente pequenas distâncias (Auger *et al.* 1999, Strong *et al.* 1999, Melo *et al.* 2014b). Os ácaros podem também desenvolver um comportamento de aderirem aos corpos de animais vertebrados e invertebrados que os transportam involuntariamente (forésia) (Perotti & Braig 2009), ou um comportamento que precede o carreamento por correntes aéreas, que os transportam a distâncias maiores (Sabelis & Afman 1994, Tixier *et al.* 1998).

Ácaros predadores da família Phytoseiidae realizam dispersão ativa através do caminhar, entre partes da mesma planta ou de plantas vizinhas próximas (Berry & Hotzer 1990, Auger *et al.* 1999, Strong *et al.* 1999, Croft and Jung 2001, Lopez *et al.* 2017), que pode ser iniciada quando há escassez de alimento, e objetiva encontrar locais também para oviposição e abrigo (Sabelis & Dicke 1985, Croft & Jung 2001). Este tipo de dispersão facilita o ácaro predador a encontrar a presa na planta (Sabelis & Dicke 1985). Contudo, a dispersão pode ser afetada por diversos fatores abióticos e bióticos (Berry & Holtzer 1990) como: temperatura, umidade relativa do ar, intensidade de luz, escassez de alimento, idade do ácaro (Berry & Holtzer

1990, Zemek & Nachman 1998, Auger *et al.* 1999, Ghazy *et al.* 2016). A presença de contaminantes ambientais, como pesticidas, também pode interferir nas relações interespecíficas dos artrópodes em plantas (Cordeiro *et al.* 2014), pois a presença desses produtos afeta não apenas as espécies alvo, mas também espécies benéficas como inimigos naturais (Guedes *et al.* 2016).

Pesticidas afetam a fisiologia, biologia e o comportamento de artrópodes (Ibrahin & Yee 2000, Lima *et al.* 2015b, 2016), portanto eles podem influenciar o processo de dispersão (Desneux *et al.* 2007, Guedes *et al.* 2016, Monteiro *et al.* 2018). Os artrópodes podem detectar a presença de substâncias tóxicas (pesticidas) no ambiente e evitar o contato direto com a área contaminada e se dispersarem, sendo este comportamento denominado de repelência. Alternativamente, a dispersão pode acontecer após o contato com os tóxicos favorecendo a movimentação para áreas livres destas substâncias, sendo este comportamento denominado de irritabilidade (Roberts *et al.* 1997, Desneux *et al.* 2007). Portanto, o estresse induzido por pesticidas no comportamento dos artrópodes pode afetar sua dispersão, dinâmica populacional e influenciar direta ou indiretamente o manejo de pragas (Guedes *et al.* 2016).

No presente estudo foi investigado o efeito de resíduos de acaricidas utilizados para o controle do ácaro-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) na colonização de frutos pelo ácaro predador *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Phytoseiidae). O ácaro predador *N. baraki* é um dos principais inimigos naturais de *A. guerreronis* na América, África e Ásia (Moraes *et al.* 2004, Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Fernando *et al.* 2010, Negloh *et al.* 2011). Estes ácaros habitam o perianto dos frutos do coqueiro, região coberta pelas brácteas (Aratchige *et al.* 2007, Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008). Depois de colonizar os frutos, a população de *A. guerreronis* é reduzida devido principalmente à competição intraespecífica, redução da qualidade de alimento e predação. Posteriormente, *N. baraki* também reduz a população e se dispersa por falta de alimento e competição intraespecífica (Galvão *et al.* 2011). Esta dispersão

ocorre através do caminhar na mesma planta em busca de locais adequados de alimentação. Contudo, estas plantas frequentemente apresentam resíduos de acaricidas utilizados para o controle de *A. guerreronis* que agem no momento da dispersão (Melo *et al.* 2012, Monteiro *et al.* 2012), pois enquanto os ácaros estiverem sobre as brácteas os acaricidas não tem ação sobre eles (Silva *et al.* 2017).

Para saber se os acaricidas afetam a colonização de *N. baraki* em frutos infestados por *A. guerreronis* foi verificado: (i) se o predador ao colonizar frutos infestados com *A. guerreronis* prefere aqueles com ou sem resíduo de acaricida; (ii) qual acaricida menos afeta a colonização do predador em frutos infestados com *A. guerreronis* e (iii) se a colonização de *N. baraki* depende do local onde o ácaro se encontra na planta.

## Material e Métodos

**Obtenção dos Ácaros e Criação de *Neoseiulus baraki*.** Frutos de coqueiro infestados com *A. guerreronis* foram coletados na Ilha de Itamaracá-PE (07°46'S, 34°52'W), transportados para o Laboratório de Acarologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em caixas de isopor e armazenados em refrigerador (aproximadamente 10°C) por até 5 dias para obtenção dos ácaros. As brácteas dos frutos foram retiradas com auxílio de uma tesoura de poda e um extrator de grampos. Os ácaros da família Phytoseiidae foram coletados e montados em lâminas com meio de Hoyer e colocados para secar em estufa a 55°C. Em seguida, os ácaros foram observados em microscópio óptico Olympus BX41 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão) para classificação (Moraes *et al.* 2004). Após a confirmação da espécie (*N. baraki*) os frutos foram processados para instalação de uma criação com aproximadamente 100 indivíduos. A unidade de criação, de aproximadamente 16 cm de diâmetro, foi constituída de um filme de polipropileno preto (PVC) de 1 mm de espessura, papel de filtro, espuma de polietileno de 1 cm de espessura e uma placa de

Petri, colocados nesta sequencia. Algodão hidrófilo umedecido com água destilada foi colocado na borda do PVC para evitar fuga dos ácaros. Cinco fragmentos (aproximadamente 1cm<sup>3</sup>) da epiderme do perianto de frutos de coqueiro infestados com *A. guerreronis* (~ 80-100 indivíduos de diferentes estágios) foram fornecidos diariamente como alimento. As unidades de criação foram mantidas em uma incubadora a 27 ± 0,5 °C, 75 ± 5% U.R. e fotoperíodo de 12 h.

**Liberção e Recaptura de *Neoseiulus baraki* Intraplanta - Liberção na Espiguetta dos Frutos.** As unidades experimentais utilizadas foram frutos de coqueiro com idades entre três a quatro meses (folha 13 a 14), de acordo com a filotaxia do coqueiro (Sobral 1994), e com 16 a 32% de intensidade de dano (necrose) por *A. guerreronis* seguindo escala de notas descrita por Galvão *et al.* (2008). Cada fruto foi fixado em uma base de gesso moldada em copos plásticos descartáveis de 200 mL, que foi preenchido com 150 mL de gesso diluído em água. Um prego de 6 cm de comprimento foi fixado na parte superior da base, com o gesso ainda fresco. Após a secagem do gesso, o copo plástico foi removido. Cada fruto foi fixado em uma base de gesso, sendo introduzido aproximadamente 2 cm da parte distal do fruto no prego. Na região de contato do fruto com o prego foi formada uma barreira com cola entomológica (Isca Pega, Isca Ferramentas e Soluções para Manejo de Pragas), conforme a metodologia descrita por Silva *et al.* (2017). A espiguetta de cada fruto foi cortada a 3 cm de distância da inserção da mesma e coberta com parafilme.

**Bioensaio sem Chance de Escolha** - Os frutos foram pulverizados em torre de Potter, onde cada face do fruto foi pulverizada com 2 mL da concentração de campo recomendada para controle de *A. guerreronis* em coqueiro (MAPA 2017), a saber: abamectina (Vertimec 18 CE, 18 g i.a. (ingrediente ativo) L<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, Syngenta, São Paulo, SP, Brasil) a 13,5mg i. a. L<sup>-1</sup>, azadiractina (AzaMax, 12g i.a. L<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, DVA Brasil, Campinas SP, Brasil) a 30mg i.a. L<sup>-1</sup> e fenpiroximato (Ortus 50 SC, 50g i.a. L<sup>-1</sup>, concentrado de suspensão,

Arysta LifeScience, Salto de Pirapora, SP, Brasil) a 100mg i.a. L<sup>-1</sup>; sempre totalizando 6 mL da solução por fruto. O controle foi realizado com água destilada. Os frutos foram colocados para secar em temperatura ambiente por aproximadamente 30 minutos. Após esse período, trinta fêmeas adultas de *N. baraki* foram marcadas com auxílio de um pincel N<sup>o</sup> 000 com um único pelo, com tinta fluorescente (Blacklight Reactive Fluorescent Acrylic Paint) na parte final do dorso do opistossoma. Estas fêmeas foram liberadas na espiguetas de cada fruto. Cinco frutos foram utilizados por tratamento. Após 4 horas da liberação dos ácaros o número de ácaros marcados com tinta fluorescente presentes na superfície do fruto foi quantificado. Em seguida as brácteas foram removidas, com auxílio de uma tesoura de poda e um extrator de grampos, e contabilizados os ácaros marcados com tinta fluorescente sob as brácteas. Para identificação dos ácaros marcados foi utilizada uma lâmpada ultravioleta de 20W (Blacklight, Ourolux, 50/60 Hz).

**Bioensaio com Chance de Escolha** - A unidade experimental foi semelhante a do experimento sem chance de escolha, contudo foram utilizados 8 frutos por tratamento, sendo 4 tratados com acaricida e 4 com água destilada. A pulverização dos frutos e marcação dos ácaros foi semelhante ao experimento sem chance de escolha. Os frutos (fruto tratado com água destilada + fruto tratado com acaricida) foram unidos pelas extremidades das espiguetas com o auxílio de um alfinete entomológico e parafilme. A distância entre os frutos foi de 10 cm. Trinta fêmeas adultas de *N. baraki* foram liberadas no ponto de encontro entre as espiguetas. Após 24 horas, a avaliação foi realizada, conforme experimento sem chance de escolha em frutos tratados e não tratados.

**Liberação no Cacho.** A unidade experimental neste caso foram cachos de frutos de coqueiro com idades entre três a quatro meses (folha 13 a 14), de acordo com a filotaxia do coqueiro (Sobral 1994), cujos frutos apresentavam de 16 a 32% de intensidade de dano (necrose) por *A. guerreronis* (Galvão *et al.* 2008). Estes cachos foram coletados na Ilha de Itamaracá-PE (07°46'S, 34°52'W), transportados para o Laboratório de Acarologia da UFRPE e utilizados no

mesmo dia para instalação do experimento. Uma toaleta no cacho foi realizada, deixando-se 30 cm da parte basal da raque do cacho antes da primeira inserção de espiguetas e 10 frutos, sendo um por espiguetas. Um balde plástico com capacidade para 10 L foi preenchido com gesso diluído em água para formar uma base de suporte para o cacho. Em seguida, a raque do cacho foi inserida em um orifício central feito na base de gesso, de forma que o cacho se mantivesse ereto. Uma barreira com cola entomológica foi feita em torno da base da raque.

Os cachos foram pulverizados com o auxílio de um pulverizador costal, utilizando-se 300 mL de calda da dose de campo recomendada para controle de *A. guerreronis* em coqueiro (abamectina 13,5mg i. a./L, azadiractina 30mg i.a./L, fenpiroximato 100mg i.a./L). O controle foi realizado com água destilada. O cacho permaneceu 45 min. secando em temperatura ambiente. Finalmente, 100 fêmeas adultas de *N. baraki* marcadas com tinta fluorescente foram liberadas acima da barreira de cola, conforme experimento anterior. Após 24 h da liberação, os frutos foram retirados e foi quantificado o número de ácaros marcados com tinta fluorescente, conforme experimento anterior. Foram utilizados quatro repetições (i.e., cachos) por tratamento.

**Análise Estatística.** As médias do número de ácaros marcados com tinta fluorescente recapturados de cada tratamento, nos diferentes experimentos de liberação (espiguetas dos frutos e raque do cacho), foram submetidas a teste de normalidade (teste de Kolmogorov) e homogeneidade (teste de Barlett), sendo as médias (superfície do fruto e sob as brácteas) posteriormente comparadas pelo Test-*t Student's* (Método Satterthwaite: igualdade de variância), usando o Proc TTEST (SAS Institute 2008). Para verificar a diferença entre os tratamentos e o controle na média de ácaros recapturados nas duas regiões (sob as brácteas e superfície do fruto), nos experimentos de liberação na espiguetas e raque do cacho os dados foram submetidos ao teste de Tukey HSD ( $P < 0,05$ ), utilizando o procedimento ANOVA do SAS (SAS Institute 2008). Já para o bioensaio com chance de escolha a diferença do número médio de ácaros marcados

encontrados nos frutos tratados e não tratados foi comparada pelo teste de  $\chi^2$  (  $P = 0,05$ ), utilizando o Proc FREQ do SAS (SAS Institute 2008).

## Resultados

### **Liberção e Recaptura de *Neoseiulus baraki* Intraplanta – Liberção na Espigueta dos Frutos.**

**Bioensaio sem Chance de Escolha** - Houve diferença entre a média de ácaros recapturados na superfície do fruto e sob as brácteas em todos os tratamentos: controle ( $t_{5,3} = 4,54$ ;  $P = 0,0054$ ), azadiractina ( $t_{7,9} = 6,34$ ;  $P = 0,0002$ ), abamectina ( $t_{7,72} = -9,07$ ;  $P < 0,0001$ ) e fenpiroximato ( $t_{7,06} = -4,64$ ;  $P = 0,0023$ ). Houve diferença também entre os inseticidas, quanto à média de ácaros recapturados sob as brácteas ( $F_{3,16} = 5,75$ ;  $P = 0,0073$ ). Fenpiroximato diferiu dos demais tratamentos, apresentando menor média de ácaros recapturados sob as brácteas. Já para a média de ácaros recapturados na superfície dos frutos, não houve diferença dentre os tratamentos ( $F_{3,16} = 2,23$ ;  $P = 0,1244$ ) (Fig. 1).

**Bioensaio com Chance de Escolha** - A maior parte dos ácaros se dispersou para os frutos não pulverizados (controle). Assim houve diferença entre a média de ácaros recapturados nos frutos pulverizados com água (controle) e abamectina ( $\chi^2 = 39,09$ ; d.f = 1;  $P < 0,0001$ ), entre controle e azadiractina ( $\chi^2 = 32,40$ ; d.f = 1;  $P < 0,0001$ ), e entre o controle e fenpiroximato ( $\chi^2 = 28,90$ ; d.f = 1;  $P < 0,0001$ ) (Fig. 2).

**Liberção no cacho.** Houve diferença estatística em todos os tratamentos entre a média de ácaros recapturados na superfície do fruto e sob as brácteas: controle ( $t_{3,09} = 10,17$ ;  $P = 0,0018$ ), azadiractina ( $t_{4,64} = 7,47$ ;  $P = 0,0009$ ), abamectina ( $t_{3,51} = 6,18$ ;  $P = 0,0053$ ) e fenpiroximato ( $t_3 = 6,33$ ;  $P = 0,0080$ ). Houve diferença entre os acaricidas na média de ácaros recapturados sob as brácteas ( $F_{3,12} = 59,62$ ;  $P < 0,0001$ ). Todos acaricidas diferiram do controle. A média de ácaros

recapturados nos frutos com acaricidas foi menor do que os recapturados nos frutos referentes ao controle. Dentre os acaricidas, nos frutos pulverizados com azadiractina foi encontrado maior média de ácaros sob as brácteas. Já para a média de ácaros recapturados na superfície dos frutos, não houve diferença estatística dentre os tratamentos e o controle ( $F_{3,12} = 1,04$ ;  $P = 0,4120$ ) (Fig. 3).

### Discussão

Os resultados mostraram que: (i) *N. baraki* se dispersou mais para frutos não pulverizados com acaricidas; (ii) dentre os acaricidas testados, azadiractina foi o que menos prejudicou a colonização de frutos por *N. baraki*; (iii) as brácteas mostram maior probabilidade de colonização pelo predador, mediante aplicação ou não de acaricidas, local onde se concentra a população de sua presa o ácaro-do-coqueiro *A. guerreronis*.

Através do experimento com chance de escolha, verificou-se que o ácaro predador preferiu se dispersar para a superfície não tratada. Segundo Lima *et al.* (2013a), a irritabilidade causada por acaricidas pode favorecer a fuga de *N. baraki* de forma a evitar superfícies contaminadas. Estes autores verificaram que azadiractina e fenpiroximato causam irritabilidade a *N. baraki* quando exposto a superfície tratada, ao contrário da abamectina. Contudo, abamectina afetou a velocidade e distância percorrida de *N. baraki*, havendo uma redução da mobilidade.

No experimento de liberação de *N. baraki* na espiguetta dos frutos sem chance de escolha não houve diferença estatística entre número médio de ácaros recapturados sob as brácteas no controle e em abamectina e azadiractina. Já fenpiroximato diferiu dos demais acaricidas, apresentando uma baixa recaptura de *N. baraki* sob as brácteas. De acordo com Lima *et al.* (2013a,b) fenpiroximato não afeta o caminamento de *N. baraki*, sendo considerado um acaricida seletivo a este predador. No entanto, o fato de não causar efeito no caminamento deve ter

proporcionado a *N. baraki* maior mobilidade, resultado na saída do ácaro do sistema experimental, e conseqüentemente baixa colonização no fruto.

Nos experimentos de liberação na raque do cacho foi recapturado maior quantidade de *N. baraki* na região sob as brácteas. Esse ácaro predador é generalista e vive em espaços confinados de plantas monocotiledôneas (Subtipo III-d) (McMurtry *et al.* 2013). *Neoseiulus baraki*, a fim de escapar da superfície com acaricida, saiu do sistema experimental ou procurou seu habitat que é a região do fruto protegida pelas brácteas. As brácteas do fruto conferem proteção contra acaricidas para as espécies que habitam o perianto, como *A. guerreronis* (Silva *et al.* 2017) e também *N. baraki*. A média de ácaros recapturados nos tratamentos com acaricida diferiu estatisticamente do controle. Isto talvez se deva em parte a alteração que esses acaricidas causam na capacidade forrageamento de *N. baraki*, afetando a capacidade de percepção de odores que os levam à presa, não conseguindo distinguir frutos infestados ou não infestados com *A. guerreronis* (Lima *et al.* 2016). Curiosamente, azadiractina se destacou quando comparado com os demais acaricidas por apresentar maior média de ácaros recapturados. Apesar da reconhecida irritabilidade que azadiractina causa (Lima *et al.* 2013a), *N. baraki* conseguiu acessar a região das brácteas ao invés de sair do sistema experimental. Provavelmente isso ocorreu por causa da evasão de *N. baraki* a fim de evitar superfícies contaminadas com azadiractina, acessando a região sob as brácteas onde o acaricida não tem contato. É possível que o processo de caminhar para dispersão dentro de um mesmo cacho envolva distâncias relativamente tão pequenas para este predador, que ele consegue penetrar no perianto de outros frutos do mesmo cacho, antes mesmo de tentar sair deste através do vento.

Os efeitos causados por concentrações subletais de inseticidas a *N. baraki* pode comprometer a eficácia dele no controle biológico (Lima *et al.* 2013a, 2016). A exposição residual fez com que *N. baraki* evitasse a área contaminada, mas ao alcançar a região do perianto

(sob as brácteas) permaneceu protegido, sem contato com acaricidas. De certa forma, isso pode favorecer maior tempo de permanência de *N. baraki* sob as brácteas, e conseqüentemente com a população de *A. guerreronis*. No entanto, segundo Lima *et al.* (2016), a exposição de *N. baraki* a acaricidas pode comprometer futuras gerações. Abamectina e fenpiroximato causaram efeito negativo em parâmetros biológicos e reduziram o crescimento populacional de *N. baraki*, sendo esses efeitos estendidos para a primeira geração. Já azadiractina não causou efeitos significativos em gerações subseqüentes da população de *N. baraki*, sugerindo sua compatibilidade ao controle biológico.

Através desses resultados foi possível verificar que a presença dos acaricidas abamectina e fenpiroximato afetou negativamente a capacidade de colonização de *N. baraki* se dispersando por caminhamento, podendo comprometer a eficiência do controle biológico natural de *A. guerreronis* em campo. Já azadiractina foi o acaricida que menos afetou a colonização de *N. baraki* em frutos infestados com *A. guerreronis*, sugerindo que apesar de afetar o caminhamento de *N. baraki* (Lima *et al.* 2013), esse acaricida é compatível com o controle biológico. Contudo, é necessário considerar que os experimentos aqui conduzidos não proporcionaram a avaliação de outro fator fundamental que atua no ambiente que é o vento, que poderia ser outra forma de evasão de superfícies contaminadas.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo, possibilitando a realização desta pesquisa.

### **Literatura Citada**

- Agrofit. 2017.** Sistema de agrotóxicos Fitossanitário do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) acessado em: 22/08/2017.
- Aratchige, N.S., M.W. Sabelis & I. Lesna. 2007.** Plant structural changes due to herbivory: do changes in *Aceria*-infested coconut fruits allow predatory mites to move under the perianth? *Exp. Appl. Acarol.* 43: 97-107.
- Auger, P., M.S. Tixier, S. Kreiter & G. Fauvel. 1999.** Factors affecting ambulatory dispersal in the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23: 235-250.
- Begon, M., C.R. Townsend & J.L. Harper. 2007.** Organismos, p. 162-185. In M. Begon, C.R. Townsend & J.L. Harper (eds.), *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Porto Alegre, Artmed, 752p.
- Berry, J.S. & T.O. Holtzer. 1990.** Ambulatory dispersal behavior of *Neoseiulus fallacis* (Acarina: Phytoseiidae) in relation to prey density and temperature. *Exp. Appl. Acarol.* 8: 253-274.
- Bowler, D.E. & T.G. Benton. 2005.** Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behavior to spatial dynamics. *Biol. Rev.* 80:205-225.
- Clobert, J., J-F. Le Galliard, J. Cote, S. Meylan & M. Massot. 2009.** Informed dispersal, heterogeneity in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations. *Ecol. Lett.* 12: 197-209.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa & R.N.C. Guedes. 2014.** Insecticide-mediated shift in ecological dominance between two competing species of grain beetles. *Plos One* 9: e100990.
- Croft, B.A. & C. Jung. 2001.** Phytoseiid dispersal at plant to regional levels: a review with emphasis on management of *Neoseiulus fallacis* in diverse agroecosystems. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 763-784.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Evans, G.O. 1992.** *Principles of Acarology*. Wallingford, C.A.B. International, 563p.
- Fernando L.C.P., K.P. Waidyaratne, K.F.G. Perera & P.H.P.R. Silva. 2010.** Evidence for suppressing coconut mite, *Aceria guerreronis* by inundative release of the predatory mite, *Neoseiulus baraki*. *Biol. Control* 53: 108-111.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.V. Oliveira. 2008.** Exigências térmicas e tabela de vida e fertilidade de *Amblyseius largoensis*. *Ciênc. Rural* 38: 1817-1823.

- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.W.S. Melo. 2011.** Distribution of *Aceria guerreronis* and *Neoseiulus baraki* among and with on coconut bunches in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 54: 373-384.
- Ghazi, N.A., M. Osakabe, M.W. Negm, P. Schausberger, T. Gotoh & H. Amano. 2016.** Phytoseiid mites under environmental stress. *Bio. Control* 96: 120-134.
- Guedes, R.N.C., J.D. Stark, G. Smagghe & N. Desneux. 2016.** Pesticide-induced stress in arthropod pests of optimized integrated pest management programs. *Annu. Rev. Entomol.* 62: 43-62.
- Haynes, K.F. 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 149-68.
- Ibrahim, Y.B. & T.S. Yee. 2000.** Influence of sublethal exposure to abamectin on the biological performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 1085-1089.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hana & P. Schausberger. 2008.** Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *Bull. Entomol. Res.* 98: 83-96.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., R.N.C. Guedes & J.E.M. Oliveira. 2016.** Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 70: 165-177.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, N.M.P. Guedes, L.M. Gontijo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2015b.** Bioinsecticide predator interactions: azadirachtin behavior and reproductive impairment of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Plos One* 10: e0118343.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013a.** Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 381-393.
- Lima, D.B., V.B. Monteiro, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013b.** Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *BioControl* 58: 595-605.
- Lopez, L., H.A. Smith, M.A. Hoy & R.D. Cave. 2017.** Dispersal of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on high-tunnel bell peppers in presence or absence of *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae). *J. Insect Sci.* 17: 1-7.
- McMurtry, J.A., G.J. Moraes & N.F. Sourassou. 2013.** Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implication for biological control strategies. *Syst. Appl. Acarol.* 18: 297-320.

- Melo, J.W.S., C.A. Domingos, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Removal of bunches or spikelets is not effective for the control of *Aceria guerreronis*. Hortscience 47: 1-5.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2014b.** Behaviour of coconut mites preceding take-off to passive aerial dispersal. Exp. Appl. Acarol. 64: 429-443.
- Monteiro, V.B., D.B. Lima, M.G.C. Gondim Jr. & H.A.A. Siqueira. 2012.** Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. J. Econ. Entomol. 105: 1419-1425.
- Monteiro, V.B., V.F. Silva, D.B. Lima, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2018.** Pesticides & passive dispersal: acaricide- and starvation- induced take-off of the predatory mite *Neoseiulus baraki*. Pest Manag. Sci. Doi: 10.1002/ps4851
- Moraes, G.J., P.C. Lopes & L.C.P. Fernando. 2004.** Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) of coconut growing areas in Sri Lanka, with descriptions of three new species. J. Acarol. Soc. Jpn. 13:141-160.
- Nachman, G. 1988.** Regional persistence of locally unstable predator/prey populations. Exp. Appl. Acarol. 5: 293-318.
- Negloh, K., R. Hanna & P. Schausberger. 2011.** The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. Exp. Appl. Acarol. 55: 361-374.
- Perotti, M.A. & H.R. Braig. 2009.** Phoretic mites associated with animal and human decomposition. Exp. Appl. Acarol. 49: 85-124.
- Reis, A.C., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, P. Schausberger & R. Barros. 2008.** Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. Neotrop. Entomol. 37: 457-462.
- Roberts, D.R., T. Chareonviriyaphap, H.H. Harlan & P. Hshieh. 1997.** Methods for testing and analyzing excito repellency responses of malaria vectors to insecticides. J. Am. Mosq. Contr. Assoc. 13: 13-17.
- Ronce, O. 2007.** How does it feel to be like a rolling stone? Ten questions about dispersal evolution. Annu. Rev. Ecol. Syst. 38: 231-353.
- Sabelis, M.W. & B.P. Afman. 1994.** Synomone-induced suppression of take-off in the phytoseiid mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Exp. Appl. Acarol. 18: 711-721.
- Sabelis, M.W. & M. Dicke. 1985.** Long-range dispersal and searching behavior, p. 141-157. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds), Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, 458p.

- Safriel, U.N. & U. Ritte. 1980.** Criteria for the identification of potential colonizers. *Biol. J. Linn. Soc. Lond.* 13: 287-297.
- SAS. 2008.** SAS/STAT user's guide. SAS Institute, Cary, NC.
- Silva, V.F., G.V. França, J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2017.** Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. *J. Pest Sci.* 90: 207-215.
- Sobral, L.F. 1994.** Nutrição e adubação do coqueiro, p. 156-199. In J.M.S. Ferreira, D.R.N. Warwick & L.A. Siqueira (eds). *A cultura do coqueiro no Brasil*. Aracaju, Embrapa-SPI, 309p.
- Strong, W.B., D.H. Slone & B.A. Croft. 1999.** Hops as a metapopulation landscape for tetranychid phytoseiid interactions: perspectives of intra- and interplant dispersal. *Exp. Appl. Acarol.* 23: 581-597.
- Tixier, M.S., S. Kreiter, P. Auger & M. Weber. 1998.** Colonization of Languedoc vineyards by phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae): influence of wind and crop environment. *Exp. Appl. Acarol.* 22: 523-542.
- Zemek, R. & G. Nachman. 1998.** Interactions in a tritrophicacarine predator-prey metapopulation system: effects of *Tetranychus urticae* on the dispersal rates of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 22: 259-278.

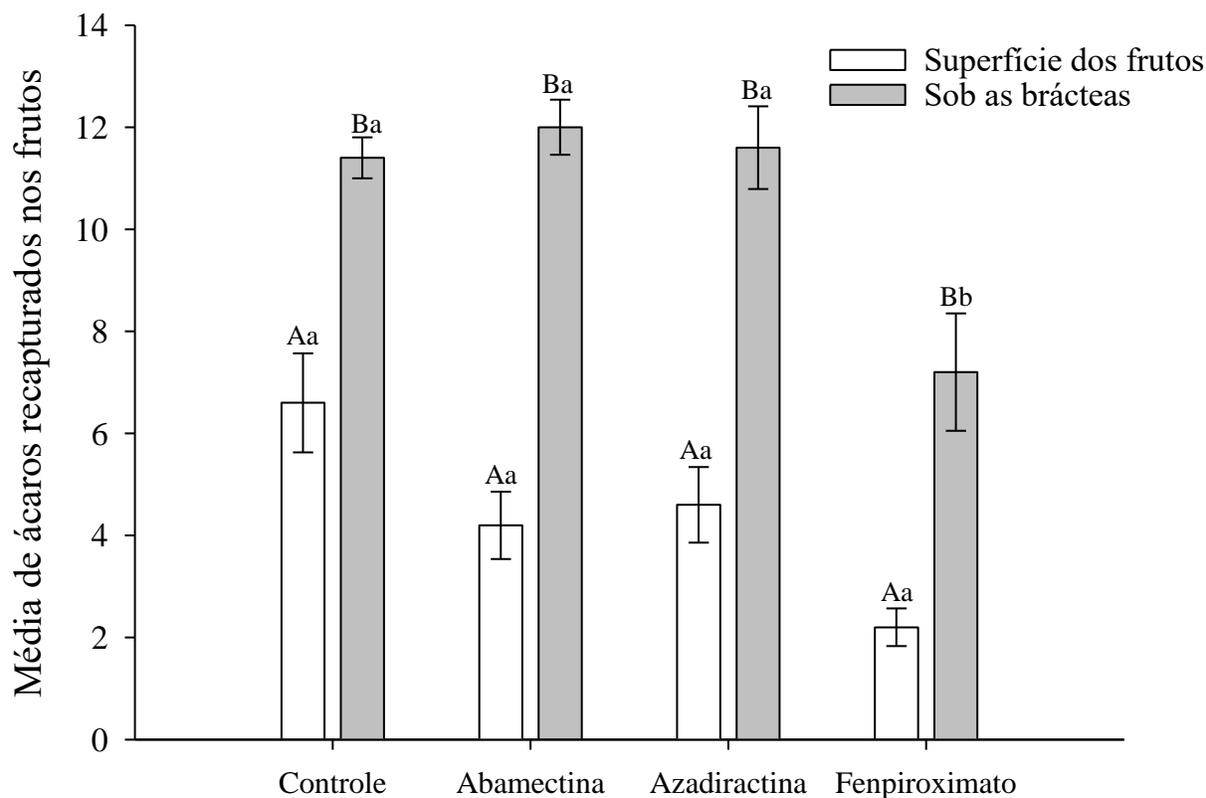


Figura 1. Numero médio de *Neoseiulus baraki* recapturados na superfície e sob as brácteas dos frutos (perianto), após liberação na espiguetta (avaliação após quatro horas). Letras maiúsculas diferentes indicam que as médias diferem estatisticamente entre as partes do fruto (superfície e bráctea) dentro do tratamento; letras minúsculas diferentes indicam que as médias diferem estatisticamente entre os tratamentos na parte do fruto ao nível de 5% de probabilidade.

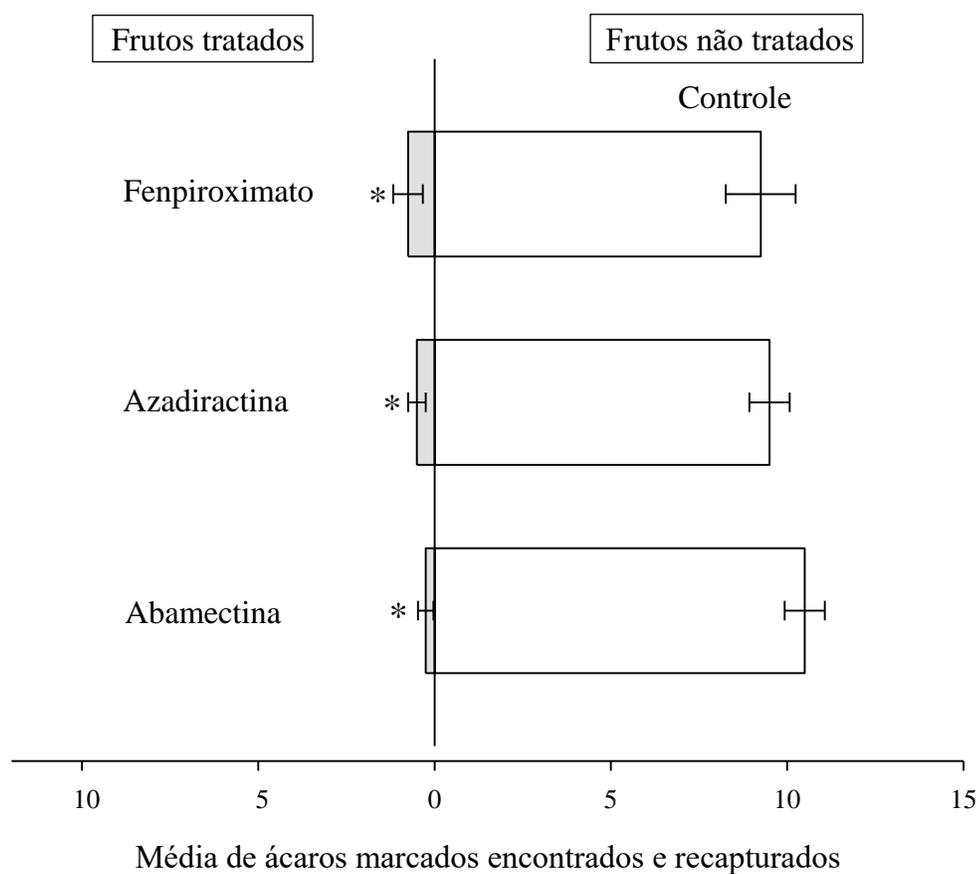


Figura 2. Número médio de *Neoseiulus baraki* recapturados quanto a escolha entre frutos tratados com inseticidas e não tratados. Asteriscos indicam que as médias são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade.

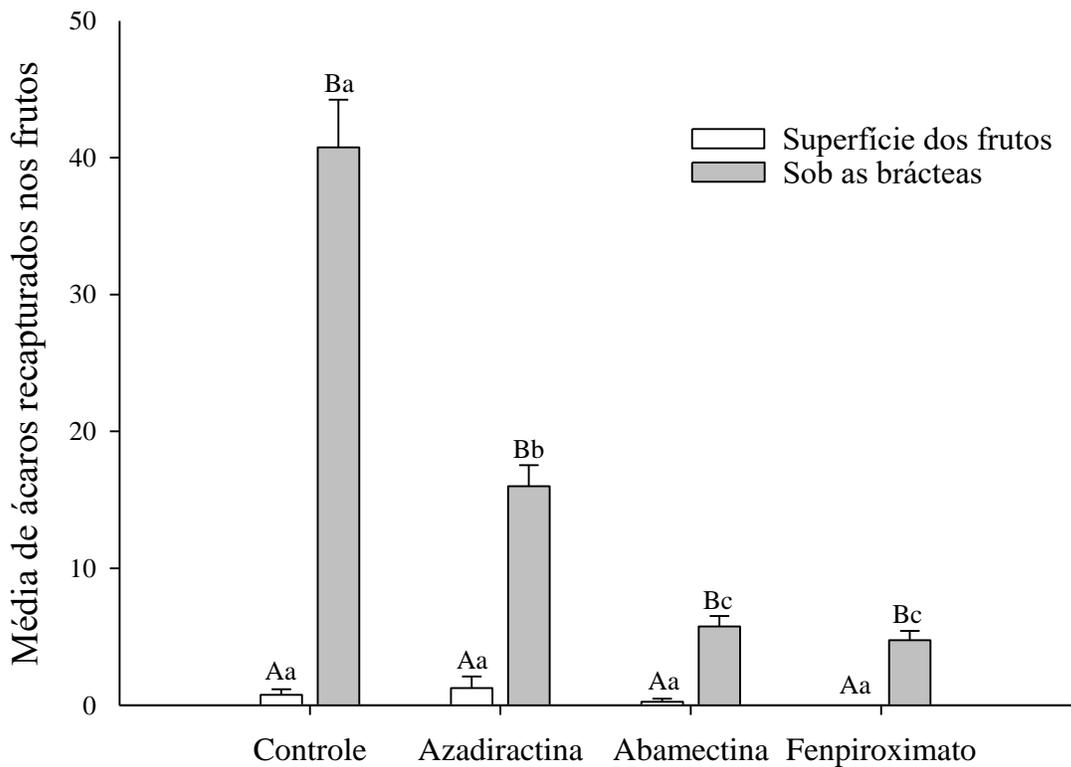


Figura 3. Numero médio de *Neoseiulus baraki* marcados recapturados na superfície e sob as brácteas dos frutos (perianto), após liberação na raque do cacho (avaliação após vinte e quatro horas). Letras maiúsculas diferentes indicam que as médias diferem estatisticamente entre as partes do fruto (superfície e bráctea) dentro do tratamento; letras minúsculas diferentes indicam que as médias diferem estatisticamente entre os tratamentos na parte do fruto ao nível de 5% de probabilidade.

## CAPÍTULO 5

### PESTICIDAS E DISPERSÃO AÉREA: ACARICIDAS E PRIVAÇÃO ALIMENTAR INDUZEM A DECOLAGEM DO ÁCARO PREDADOR *Neoseiulus baraki* (ATHIAS- HENRIOT)

VANESKA BARBOSA MONTEIRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av.

Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

---

<sup>1</sup>Monteiro, V.B., V.F. Silva, D.B. Lima, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2018. Pesticide & passive dispersal: acaricide- and starvation-induced take-off of the predatory mite *Neoseiulus baraki*. Pest Management Science. Doi: 10.1002/ps.4851

RESUMO - A compreensão das causas e consequências da dispersão é vital para o manejo de populações. Contaminantes ambientais, tais como pesticidas, fornecem possíveis estímulos dependentes do contexto ambiental para a dispersão de espécies alvos e não alvo, que podem ocorrer não apenas para a dispersão ativa, mas também para a dispersão aérea, embora essa possibilidade seja frequentemente negligenciada. No presente estudo foi hipotetizado que a privação alimentar e a presença de acaricidas interferem na “decolagem” para a dispersão aérea do ácaro predador *Neoseiulus baraki*. Bioensaios com túnel de vento indicaram que a privação alimentar favoreceu a decolagem para a dispersão aérea do ácaro predador, que também variou com a velocidade do vento, aumentando dentro do intervalo testado de 1-7 m/s. Tais respostas foram associadas a mudanças na preparação comportamental que mediou a dispersão aérea, com maior incidência da posição de pé sobre as pernas traseiras que permitiu a decolagem. A decolagem para a dispersão aérea de *N. baraki* aumentou com a privação alimentar e exposição aos resíduos de acaricidas. A exposição à azadiractina resultou em uma resposta mais evidente do que abamectina e fenpiroximato que também estimularam a dispersão.

PALAVRAS-CHAVE: Exposição subletal, bioinsecticida, dispersão pelo vento, agente de biocontrole, fitoseídeo, coqueiro

PESTICIDE AND AERIAL DISPERSAL: ACARICIDE- AND STARVATION-INDUCED  
TAKE-OFF OF THE PREDATORY MITE *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT).

ABSTRACT – An understanding of the causes and consequences of dispersal is vital for managing populations. Environmental contaminants, such as pesticides, provide potential environmental context-dependent stimuli for dispersal of targeted and non-targeted species, which may occur not only for active but also for passive dispersal, although such a possibility is frequently neglected. In the present study we assessed the potential of food deprivation and acaricides to interfere with the take-off for passive (wind) dispersal of the predatory mite *Neoseiulus baraki*. Wind tunnel bioassays indicated that starvation favoured the take-off for wind dispersal by the mite predator, which also varied with wind velocity, increased with the 1-7 m/s range tested. Such responses were associated with changes in the predator behavioural preparation for wind-mediated aerial dispersal, with greater incidence of the standing posture that permitted take-off. The take-off for aerial dispersal by *N. baraki* increased with food deprivation and exposure to the residues of agriculture acaricides. Azadirachtin exposure resulted in a particularly strong response, although abamectin and fenpyroximate also stimulated dispersal.

KEY WORDS: Sublethal exposure, bioinsecticide, wind dispersal, biocontrol agent, phytoseiid, coconut tree

## Introdução

A dispersão de um organismo de um lugar para outro tem consequências para o fitness do indivíduo dispersante, com significado hierárquico, particularmente para a estrutura e dinâmica da população (Bowler & Benton 2005, Ronce 2007, Morales *et al.* 2010). O papel da dispersão para a estrutura de populações permite a coesão espacial de indivíduos da mesma espécie, persistência apesar das extinções locais e o rastreamento de condições ambientais favoráveis (Clobert *et al.* 2009). Assim, a dispersão é importante tanto para o manejo da população, particularmente para o manejo integrado de pragas, como para a resposta às mudanças ambientais, que também tem implicações para o controle de pragas (Mitchell 1970, Bowler & Benton 2005). Isso ocorre porque a competição, a endogamia e a estocasticidade ambiental conduzem forças de dispersão, permitindo a adaptação a habitat (Bowler & Benton 2005, Clobert *et al.* 2009) tão comum nos agroecossistemas.

A dispersão pode ser ativa ou passiva e abrange todos os movimentos de indivíduos que compreendem três etapas, que são: i) partida (ou emigração), ii) deslocamento e iii) estabelecimento (ou imigração) (Mitchell 1970, Ronce 2007). Independentemente disso, a dispersão é determinada pelo equilíbrio entre os custos e os benefícios que orientam as decisões dependentes do fenótipo e das condições ambientais (Clobert *et al.* 2009, Bonte *et al.* 2012). A inadequação do habitat é um importante fator para a dispersão, incluindo redução de fontes de alimentos e mudanças nas condições de temperatura e umidade, entre outras (Ghazy *et al.* 2016). As táticas de manejo comprometem a adequação do habitat, provavelmente favorecendo a dispersão do habitat contaminado, uma decisão típica dependente da condição, pois o uso de pesticidas pode alterar o domínio das espécies e fenótipos (Cordeiro *et al.* 2014, Guedes *et al.* 2016, 2017). Curiosamente, o impacto dos pesticidas na dispersão de espécies alvos e não alvos permanecem em grande parte desconhecido, sobretudo quando é feita pelo vento. Embora a

dispersão aérea possa ser potencialmente comprometida pelos efeitos subletais de inseticidas, particularmente inseticidas neurotóxicos são mais propensos a prejudicar a atividade neural e/ou muscular (Desneux *et al.* 2007, Guedes *et al.* 2016), e pouco se sabe sobre o efeito dos pesticidas na dispersão aérea dos artrópodes. No entanto, esse efeito pode ser significativo e favorecer ou prejudicar a eficácia dos pesticidas de acordo com a espécie e o contexto considerado.

A dispersão aérea é predominante entre alguns artrópodes. Os ácaros, por exemplo, geralmente são limitados a uma gama restrita de condições devido as suas habilidades locomotoras bastante limitadas. No entanto, esses organismos exibem uma variedade de táticas de dispersão que lhes permite chegar a habitat adequados (Mitchell 1970), tornando-os modelos apropriados para explorar o impacto dos pesticidas na dispersão aérea. A dispersão aérea é comum entre espécies de ácaros, e pode ser favorecida por comportamentos e posturas que auxiliam a decolagem do ácaro para dispersão (Shvanderov 1975, Lindquist & Oldfield 1996). Através de partes do corpo levantadas em ácaros tetraniquídeos (Kenedy & Smitley 1985, Osakabe *et al.* 2008), eriofiídeos (Nault & Styler 1969, Sabelis & Bruin 1996, Duffner *et al.* 2001, Melo *et al.* 2014) e fitoseídeos (Johnson & Croft 1976, Sabelis & Dicke 1985), bem como a produção de estruturas como fios de seda que permitem realizar o “ballooning” ou “roping” em ácaros (Kennedy & Smitley 1985, Evans 1992, Osakabe *et al.* 2008) associados a dispersão aérea, podendo ser afetada pela exposição a pesticidas que interferem na decolagem.

Os pesticidas podem afetar a dispersão aérea, não só ao afetar diretamente a fisiologia do ácaro como consequência do efeito tóxico do seu modo de ação primário, mas também provocando o comportamento de evitar e mesmo indiretamente interferindo na densidade de indivíduos da mesma espécie e/ou heteroespecíficos no ambiente (Guedes *et al.* 2016). Os estímulos de dispersão e suas consequências variam com as espécies dos ácaros e sua comunidade, se a presa ou predador, e o contexto ambiental. O fitoseídeo *Neoseiulus baraki*

(Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae), por exemplo, é um predador-chave do ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), que é de difícil controle, sendo necessário, frequentemente, o uso de acaricidas para auxiliar no manejo dessa praga (Moore & Howard 1996, Fernando *et al.* 2010, Melo *et al.* 2012, Silva *et al.* 2017). No entanto, alguns dos acaricidas utilizados no controle de *A. guerreronis* comprometem a sobrevivência e/ou o desempenho de *N. baraki* (Lima *et al.* 2013, 2015a,b, 2016).

A dispersão aérea realizada por *N. baraki* também pode ser afetada por acaricidas utilizados no controle do ácaro-do-coqueiro, estimulando seu uso como modelo para testar o efeito de pesticidas na dispersão aérea. Os bioacaricidas abamectina e azadiractina, além do acaricida convencional fenpiroximato são frequentemente utilizados para controle do ácaro-do-coqueiro, levando *N. baraki* à exposição subletal desses produtos (Lima *et al.* 2015a, b, 2016, 2017). Portanto, existe a hipótese de que a exposição subletal de *N. baraki* a esses compostos pode interferir na sua dispersão aérea. Isso foi avaliado usando bioensaios de túnel de vento para testar se a privação alimentar e a velocidade do vento afetam a “decolagem” para a dispersão, estágio principal da dispersão mediada por esta espécie, e como os diferentes acaricidas interferem nessa dispersão. Como a abamectina é um composto neurotóxico que se liga aos receptores de GABA em sinapses inibitórias, resultando em paralisia (Jansson & Dybes 1998), a exposição subletal a este biopesticida derivado de actinomicetos pode ser capaz de prejudicar o comportamento do ácaro e comprometer a “decolagem” na dispersão aérea. Fenpiroximato também pode prejudicar a “decolagem” na dispersão aérea, já que seu modo de ação primário é inibir o transporte de elétrons mitocondriais, prejudicando a respiração do organismo e, portanto, sua atividade (Lümmen 1998, Dekeyser 2005). Em contraste, azadiractina é um regulador de crescimento que se espera favoreça a “decolagem”, pois este composto provoca evasão comportamental em

algumas espécies de insetos (por exemplo, Cordeiro *et al.* 2010, Mordue *et al.* 2010), e ácaros como *N. baraki* (Lima *et al.* 2015a, b, 2017).

## Material e Métodos

**Obtenção dos Ácaros e Criação de *Neoseiulus baraki*.** Fêmeas e machos de *N. baraki* foram coletados a partir de frutos de coqueiro infestados com *A. guerreronis* oriundos da Ilha de Itamaracá-PE (07°46'S, 34°52'W). Unidades de criação foram constituídas de PVC (filme de polipropileno) preto de 1 mm de espessura, papel de filtro, espuma de polietileno de 1 cm de espessura e uma placa de Petri, todos com 16 cm de diâmetro, e colocados nesta sequência. Na borda do PVC foi colocado algodão hidrófilo umedecido diariamente com água destilada para evitar fuga dos ácaros. Aproximadamente 100 fêmeas foram transferidas para cada unidade de criação. Foram fornecidos diariamente como alimento cinco fragmentos (~1 cm<sup>3</sup>) da epiderme do perianto de frutos de coqueiro infestados com *A. guerreronis* (~ 80-100 indivíduos de diferentes estágios). As criações foram mantidas em B.O.D. a  $27 \pm 0,5$  °C,  $75 \pm 10\%$  U.R. em escotofase.

**Acaricidas Utilizados.** Três acaricidas em suas formulações comerciais foram utilizados nos bioensaios com o ácaro predador, sendo eles: abamectina (Vertimec 18 CE, 18 g i.a. (ingrediente ativo) L<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, Syngenta, São Paulo, SP, Brasil) em 13,5mg i. a. L<sup>-1</sup>, azadiractina (AzaMax, 12g i.a. L<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, DVA Brasil, Campinas SP, Brasil) em 30mg i.a. L<sup>-1</sup> e fenpiroximato (Ortus 50 SC, 50g i.a. L<sup>-1</sup>, concentrado de suspensão, Arysta LifeScience, Salto de Pirapora, SP, Brasil) em 100mg i.a. L<sup>-1</sup>. Todos os acaricidas foram utilizados nas doses recomendadas para o controle de *A. guerreronis* (Agrofit 2017). Estas doses correspondem a concentrações subletais ao ácaro predador, como demonstrado anteriormente por Lima *et al.* (2013, 2016), não sendo observada mortalidade durante os bioensaios.

**Túnel de Vento.** Um túnel de vento para microartrópodes foi confeccionado conforme aquele descrito por Melo *et al.* (2014) para experimentação. O túnel de vento consistiu de um tubo de vidro (10 cm de comprimento X 3,5 cm de diâmetro) com uma entrada de ar livre numa extremidade, e com a outra extremidade ligada por meio de um tubo de PVC flexível de mesmo diâmetro a um aspirador de pó (Modelo: A10S/220V Electrolux). Internamente ao tubo de vidro, a 0,5 cm da extremidade aberta, foi introduzido um alfinete entomológico (nº02 com 2 cm de altura) fixado na parte inferior do tubo de vidro com cola quente. Na parte superior do alfinete foi fixado um disco de epiderme de fruto de coqueiro (0,2 mm de espessura e 0,5cm de diâmetro), cuja borda foi contornada com uma fina camada de cola entomológica (“Biostop” cola, Biocontrole) para impedir a fuga dos ácaros por caminhamento. O disco de epiderme serviu como uma plataforma sobre a qual os ácaros podiam se locomover e expressar seu comportamento em resposta à corrente de ar que fluía no interior do tubo. O aspirador foi ligado a um transformador de tensão variável AC/DC, através do qual foi possível controlar a velocidade do vento no interior do tubo. A velocidade do vento foi aferida através de um termoanemômetro digital portátil, com precisão de 0,1 m/s (TSI Incorporated, modelo 9515) colocado na extremidade livre do túnel de vento. O equipamento foi mantido em um ambiente a  $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 10\%$  UR.

**Bioensaio de Privação Alimentar e Velocidade de Vento.** O bioensaio de “decolagem” no vento para testar o efeito da privação alimentar do ácaro foi realizado usando dois grupos de ácaros, sem alimento durante 24 horas (não alimentados) e alimentados normalmente. Cinco fêmeas de *N. baraki* foram utilizadas em cada teste, colocando-as no disco da plataforma de epiderme do fruto no túnel de vento. Após colocar os ácaros na plataforma de “decolagem”, o vento foi ajustado para as velocidades de 1 a 7 m/s. Os ácaros foram expostos a corrente de ar para “decolar” durante 10 minutos, e após este tempo o número de ácaros carregados pelo vento foi registrado para cada velocidade. Foram utilizadas pelo menos cinco velocidades do vento

diferentes entre o intervalo (1 a 7 m/s) e dez ensaios independentes para cada tratamento (ácaros alimentados x não alimentados).

**Bioensaios com Superfícies Contaminadas com Acaricidas.** Os bioensaios do túnel de vento foram realizados como descrito acima, com a única diferença de que a plataforma de epiderme de coco estava contaminada com acaricidas nas respectivas doses recomendadas, conforme indicado, exceto pelo controle sem aplicação de acaricida (apenas água destilada e deionizada). Os fragmentos de disco de epiderme de coco utilizados como plataforma de “decolagem” foram imersos durante 5 segundos em cada concentração (ou água, no caso do controle) e deixou-se secar à temperatura ambiente antes de serem utilizados. Novamente, um mínimo de cinco velocidades do vento, variando de 1 a 7 m/s foram utilizadas em conjunto com 10 testes independentes para cada acaricida e velocidade do vento. Apenas os ácaros não submetidos a privação alimentar (isto é, alimentados) foram utilizados nestes bioensaios.

**Efeito de Acaricidas no Comportamento do Ácaro para a “Decolagem” no Vento para a Dispersão Aérea.** O comportamento de “decolagem” para a dispersão aérea de fêmeas de *N. baraki* foi registrado à velocidade do vento única de 3 m/s, pois esta permitiu a dispersão com o repertório comportamental mais amplo com base em avaliações preliminares. Os bioensaios foram realizados como descrito anteriormente, contudo a única diferença foi utilizar apenas uma fêmea alimentada por teste, que foi observada ao longo do bioensaio através de um estéreo-microscópio (Carl Zeiss Microscopy, GmbH 37081 Gottingen, Germany), acoplado no túnel de vento. Vinte fêmeas foram usadas para cada tratamento (acaricida) e controle, sendo o comportamento registrado e avaliado pela construção de etogramas e análise das transições comportamentais sequenciais de primeira ordem e o cálculo do tempo.

**Análise Estatística.** Os efeitos da privação alimentar em fêmeas de *N. baraki* e das superfícies contaminadas com acaricidas na “decolagem” de ácaros para a dispersão foram submetidos a

análises de covariância com condição de alimentação (alimentadas ou não) ou acaricidas e velocidade do vento como variável independente (PROC GLM, software SAS, SAS Instituto, Cary, NC, EUA). As análises de regressão foram realizadas com a velocidade do vento como variável independente, usando o procedimento de ajuste de curva do TableCurve 2D (Systat, San Jose, CA, EUA). Os modelos de regressão significativos (lineares ou quase lineares) ( $P < 0,05$ ) foram testados dos modelos mais simples aos mais complexos e selecionados com base nos critérios de parcimônia, altos valores de F e aumentos de  $R^2$  com a complexidade do modelo. As distribuições residuais foram verificadas em cada análise para validar premissas paramétricas.

Os etogramas que descrevem a sequência e a frequência dos comportamentos foram construídos manualmente para cada tratamento de acaricida com base em transições comportamentais de primeira ordem. A frequência de transições comportamentais para cada tratamento de acaricida (além do controle) foi testada, usando uma tabela de contingência  $\chi^2$  (5 x 6;  $P < 0,05$ ; PROC FREQ; SAS). Eventuais diferenças na proporção de transições comportamentais entre superfícies contaminadas com acaricidas e não contaminadas foram comparadas usando o teste  $\chi^2$ , usando a correção de Yates para continuidade ( $P = 0,05$ ). As diferenças gerais de tratamentos em frequências para cada transição comportamental foram avaliadas pelo teste (não paramétrico) de Kruskal-Wallis ( $P = 0,05$ ) (PROC NPAR1WAY; SAS).

Os dados do tempo de cada comportamento em relação à “decolagem” do ácaro para a dispersão foram submetidos a análises de falhas temporais (por exemplo, análises de sobrevivência), usando os estimadores de Kaplan-Meier para testar as diferenças globais usando o teste Log-Rank  $\chi^2$  ( $P < 0,05$ ) e obteve-se a duração média de cada comportamento (PROC LIFETEST; SAS). A comparação entre pares de tratamentos com acaricida foi realizada utilizando o teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

## Resultados

**Bioensaio de Privação Alimentar e Velocidade de Vento.** A análise da covariância da “decolagem” entre fêmeas de *N. baraki* alimentadas e não alimentadas indicou diferenças significativas com o aumento da velocidade do vento ( $F_{12, 227} = 58,67$ ;  $P < 0,001$ ) com interação significativa entre a condição de alimentação e a velocidade do vento ( $F_{5, 117} = 4,40$ ;  $P = 0,001$ ). Modelos de regressão quadrática adequados foram posteriormente obtidos para ácaros alimentados e não alimentados, onde a dispersão aumentou significativamente com a velocidade do vento (Fig. 1). A curva de dispersão foi mais acentuada para os ácaros não alimentados, os quais apresentaram maiores taxas de dispersão do que os alimentados, que exibiram dispersão insignificante a baixa velocidade do vento (1 m / s).

**Bioensaios com Superfícies Contaminadas com Acaricidas.** A análise da covariância foi significativa para a decolagem de ácaros de diferentes superfícies contaminadas ao aumento da velocidade do vento ( $F_{21, 198} = 48,08$ ;  $P < 0,001$ ) com interação significativa entre a condição de privação alimentar e a velocidade do vento ( $F_{12, 198} = 1,92$ ;  $P = 0,03$ ). Os modelos quadráticos melhoraram a “decolagem” do ácaro com velocidades crescentes do vento com o menor percentual de decolagem para o controle e maior para os ácaros das superfícies contaminadas com azadiractina. A decolagem das superfícies contaminadas com abamectina e fenpiroximato foi maior que a observada com ácaros não expostos, mas inferior à dos ácaros expostos a azadiractina (Fig. 2).

**Efeito de Acaricidas no Comportamento do Ácaro para a “Decolagem” no Vento para a Dispersão Aérea.** A “decolagem” para a dispersão aérea de fêmeas de *N. baraki* caracterizou-se pela sequência que vai do parado, para andar com o primeiro par de pernas levantado, parado com o primeiro par de pernas levantado, de pé sobre as pernas traseiras e a eventual decolagem no vento (Fig. 3). A frequência geral da primeira ordem das transições comportamentais para a

decolagem em dispersão de superfícies contaminadas foi significativamente diferente entre os acaricidas ( $\chi^2 = 25,56$ ; g.l. = 15;  $P = 0,04$ ) (Fig. 4). Uma maior frequência de transições em relação ao parado, prevalente em ácaros não expostos aos acaricidas, foi revertida para os últimos comportamentos, diminuindo as transições terminais que levaram à decolagem, em comparação com os ácaros expostos a acaricidas (Fig. 4). Algumas diferenças pontuais, particularmente para a transição para o último comportamento antes da decolagem, a posição de pé sobre as pernas traseiras, foram particularmente evidentes para a abamectina (Fig. 3).

O tempo gasto parado e caminhando com o primeiro par de pernas levantado não diferiram entre os ácaros submetidos a diferentes superfícies contaminadas com acaricidas (parado:  $3,77 \pm 0,43$  min;  $\chi^2 = 6,30$ ; g.l. = 3;  $P = 0,10$ ; andar com o primeiro par de pernas levantado ( $0,85 \pm 0,14$  min;  $\chi^2 = 5,53$ ; g.l. = 3;  $P = 0,14$ ), ao contrário do tempo gasto nos outros comportamentos ( $\chi^2 > 9,15$ ; g.l. = 3;  $P = 0,03$ ). No entanto, os ácaros não expostos e expostos a azadiractina passaram mais tempo caminhando, parados com o primeiro par de pernas levantado e de pé sobre as pernas traseiras, e o oposto ocorreu com fenpiroximato (Fig. 5); os ácaros expostos à abamectina caminharam menos do que nos outros tratamentos, mas para os outros comportamentos não apresentaram diferença.

## Discussão

A fase de “decolagem”, partida ou emigração da dispersão, ao contrário das fases de deslocamento e de estabelecimento (ou imigração), é o principal estágio controlado pelo organismo na dispersão aérea (Sabelis & Afman, 1994). Portanto, a “decolagem” foi o alvo de nosso estudo, explorando a interferência de pesticidas na dispersão aérea, assunto raramente estudado e frequentemente negligenciado, apesar das suas possíveis implicações para a estrutura e dinâmica da população com consequências no manejo. Ao avaliar o efeito da privação alimentar e

a exposição de acaricidas na “decolagem” para a dispersão aérea de *N. baraki* em diferentes velocidades do vento, hipotetizamos que a privação alimentar provavelmente favoreceu a dispersão, permitindo a busca de melhores recursos, e acaricidas também interferiu nessa dispersão, comprometendo o comportamento de “decolagem” devido aos seus modos de ação (para abamectina e fenpiroximato), ou estimulando a “decolagem” devido a evasão comportamental ao resíduo de superfície do acaricida (para azadiractina). De fato, os resultados obtidos com o agente de controle biológico do ácaro-do-coqueiro indicam que a privação alimentar favorece a dispersão aérea de ácaros predadores e os acaricidas interferem no processo, embora diferentes da nossa expectativa inicial, já que todos os compostos também favoreceram a “decolagem” para a dispersão aérea com o aumento das velocidades do vento.

O vento é o suporte para a dispersão aérea de ácaros e a velocidade do vento afeta esse processo. O aumento da velocidade do vento entre 1 a 7 m/s aumentou os percentuais de “decolagem” para a dispersão de *N. baraki*. Os custos energéticos envolvidos na dispersão aérea são mínimos, permitindo a “decolagem” eficiente de indivíduos mesmo que sem se alimentar (Mitchell 1970, Bonte *et al.* 2012). De fato, é mais provável que a privação alimentar favoreça a dispersão aérea do indivíduo, uma vez que não exige muito gasto de energia no processo (Bowler & Benton 2005, Clobert *et al.* 2009, Bonte *et al.* 2012). As áreas litorâneas típicas da produção de coco enfatizam ainda mais a importância dessa relação entre a velocidade do vento e a dispersão aérea de ácaros, pois as correntes de ar (ou seja, o vento) são mais fortes nessas áreas. A relação positiva entre o aumento da velocidade do vento e a dispersão aérea foi relatada entre os ácaros predadores fitoseiídeos (Sabelis & Afman 1994, Jung & Croft 2001), e a adição de *N. baraki* a este fato foi confirmada em nosso estudo.

A privação alimentar é uma causa importante da dispersão e se comporta como um fator dependente da condição associada à decisão de dispersão (Bowler & Benton 2005, Clobert *et al.*

2009, Bonte *et al.* 2012). Essa associação foi reconhecida em diferentes espécies (Bowler & Benton 2005), incluindo espécies de ácaros e particularmente em fitoseídeos (Mitchell 1970, Pels & Sabelis 1999, Croft & Jung 2001, Jung & Croft 2001). Portanto, o aumento observado na “decolagem” para a dispersão aérea de fêmeas de *N. baraki* com privação alimentar não é uma surpresa. Embora os ácaros bem alimentados também tenham “decolado” para a dispersão aérea, e o fizeram em percentuais crescentes com o aumento das velocidades do vento, como ácaros com privação, a “decolagem” sempre foi menor para a condição anterior. Além do impulso compreensível de ácaros com privação alimentar para buscar melhores habitats (ricos em alimentos), sua massa corporal inferior também favorece sua decolagem para a dispersão aérea, como sugerido anteriormente por Jung & Croft (2001).

A exposição subletal ao pesticida obrigatoriamente interfere na fisiologia individual, traduzindo em mudanças no comportamento, devido a respostas tóxicas ou não tóxicas associadas a essa exposição (Guedes *et al.* 2016, 2017). Assim, espera-se que os acaricidas interfiram na dispersão aérea de *N. baraki*, uma vez que a dispersão requer um conjunto específico de comportamentos que levem a uma postura capaz de maximizar a sua decolagem com o vento (Shvanderov 1975, Lindquist & Oldfield 1996). Esperava-se que o biopesticida neurotóxico (abamectina) e o inibidor do transporte de elétrons (fenpoximato) prejudicassem a atividade dos ácaros e comprometessem seu comportamento levando à “decolagem” para a dispersão aérea, devido ao modo primário de ação desses compostos, o bloqueio de receptores GABA em sinapses inibitórias, levando para a paralisia no primeiro e inibição da respiração no último (Jansson & Dybes 1998, Lümmer 1998, Dekeyser 2005). No entanto, todos os acaricidas estimularam a “decolagem” para dispersão aérea com o aumento da velocidade do vento, que era a expectativa apenas para o biopesticida azadiractina por causa de sua evasão comportamental em algumas

espécies de artrópodes (por exemplo, Cordeiro *et al.* 2010, Mordue *et al.* 2010), incluindo *N. baraki* (Lima *et al.* 2015a, b, 2017).

Todos os acaricidas testados aumentaram a “decolagem” para a dispersão aérea, embora o efeito tenha sido mais forte para azadiractina. Portanto, este biopesticida botânico parece induzir *N. baraki* a evitar, após a exposição, à superfície contaminada, refletindo tanto a repelência como a irritabilidade desencadeada por este composto em estudos de caminamento com espécies predadoras (Lima *et al.* 2013, 2015a,b). Fenpiroximato também provocou evasão significativa no caminamento de *N. baraki*, ao contrário da abamectina, com apenas irritação leve, provocada anteriormente pela repelência ao ácaro predador (Lima *et al.* 2013a). Estes estudos anteriores e o nosso agora fornecem uma base, sugerindo que a “decolagem” de *N. baraki* para dispersão parece permitir uma maior discriminação entre evasão pelos três acaricidas, tendo azadiractina provocando forte repelência e irritabilidade, fenpiroximato provocando apenas irritabilidade e abamectina provocando irritabilidade mais leve. O uso de apenas fêmeas de *N. baraki* em nosso estudo de “decolagem” em dispersão pode ter contribuído para a maior resolução observada, uma vez que as fêmeas são mais prováveis e propensas a se beneficiar da dispersão do que os machos como fundadores de novas colônias (Mitchell 1970). A maior atividade dos ácaros expostos a acaricidas e a incidência da postura de decolagem, levantando a perna, favoreceu a dispersão aérea pelo vento por *N. baraki*. O resultado final é um aumento mediado pelo acaricida na “decolagem” para a dispersão aérea, mesmo com a exposição à abamectina, quando comparada com os ácaros não expostos na superfície não contaminada.

A dispersão aérea induzida por acaricida a *N. baraki* é uma resposta provável para outros fitoseídeos. Esta resposta minimiza a exposição a acaricidas e, portanto, irá beneficiar a sobrevivência do ácaro predador ao fugir do estresse químico, embora seja capaz de sustentá-lo a um custo fisiológico, devido a tolerância a esses compostos, quando comparado com *A.*

*guerreronis* (Lima *et al.* 2016). Esse resultado e consequências comportamentais foram relatados em espécies de insetos e tem implicações em possíveis manejos (Guedes *et al.* 2009, Braga *et al.* 2011, Guedes *et al.* 2016). Embora a sobrevivência do agente de biocontrole melhore após o uso de acaricidas, tal sobrevivência será associada à dispersão da parte da planta contaminada, e da infestação por uma espécie de ácaro praga. Assim, é improvável que o controle de *A. guerreronis* se beneficie da seletividade ecológica alcançada com a dispersão aérea do predador, mas pode permitir uma recolonização mais rápida e a acumulação de população, posteriormente com a degradação ambiental do acaricida. No entanto, este resultado merece testes para avaliar sua probabilidade e potencial importância no campo.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo, possibilitando a realização desta pesquisa.

### **Literatura Citada**

- Bonte, D., H. van Dyck, J.M. Bullock, A. Coulon, M. Delgado, M. Gibbs, V. Lehouck, E. Metthysen, K. Mustin, M. Saastamoinen, N. Schtickzelle, V.M. Stevens, S. Vandewoestijne, M. Baguette, K. Barton, T.G. Benton, A. Chaput-Bardy, J. Clobert, C. Dytham, T. Hovestadt, C.M. Meier, S.C.F. Palmer, C. Turlure & J.M.J. Travis. 2012.** Costs of dispersal. *Biol. Rev.* 87: 290-312.
- Bowler, D.E. & T.G. Benton. 2005.** Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behavior to spatial dynamics. *Biol. Rev.* 80: 205-225.
- Braga, L.S., A.S. Corrêa, E.J.G. Pereira & R.N.C. Guedes. 2011.** Face or flee? Feneitrothion resistance a behavioral response in populations of the maize weevil. *J. Stored. Prod. Res.* 47: 161-167.
- Clobert, J., J.-F. Le Galliard, J. Cote, S. Meylan & M. Massot. 2009.** Informed dispersal, heterogeneity in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations. *Ecol. Let.* 12: 197-209.

- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa, M. Venzon & R.N.C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphere* 81: 1352-1357.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa & R.N.C. Guedes. 2014.** Insecticide-mediated shift in ecological dominance between two competing species of grain beetles. *Plos One* 9: e100990.
- Croft, B.A. & C. Jung. 2001.** Phytoseiid dispersal at plant to regional levels: a review with emphasis on management of *Neoseiulus fallacis* in diverse agroecosystems. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 763-784.
- Dekeyser, M.A. 2005.** Acaricide mode of action. *Pest. Manag. Sci.* 61: 103-110.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Duffner, K., G. Schruft & R. Guggenheim. 2001.** Passive dispersal of the grape rust mite *Calepitrimerus vitis* Nalepa 1905 (Acari, Eriophyoidea) in vineyards. *J. Pest. Sci.* 74:1-6.
- Evans, G.O. 1992.** Principles of Acarology. Wallingford, C.A.B. International, 563p.
- Fernando L.C.P., K.P. Waidyarathne, K.F.G. Perera & P.H.P.R. Silva. 2010.** Evidence for suppressing coconut mite, *Aceria guerreronis* by inundative release of the predatory mite, *Neoseiulus baraki*. *Biol. Control* 53: 108-111.
- Ghazy, N.A., M. Osakabe, M.W. Negm, P. Schausberger, T. Gotoh & H. Amano. 2016.** Phytoseiid mites under environmental stress. *Bio. Control* 96: 120-134.
- Guedes, N.M.P., R.N.C. Guedes, G.H. Ferreira & L.B. Silva. 2009.** Flight take-off and walking behavior of insecticide-susceptible and -resistant strains of *Sitophilus zeamais* exposed to deltamethrin. *Bul. Entomol. Res.* 99: 393-400.
- Guedes, R.N.C., J.D. Stark, G. Smagghe & N. Desneux. 2016.** Pesticide-induced stress in arthropod pests of optimized integrated pest management programs. *Annu. Rev. Entomol.* 62:43-62.
- Guedes, R.N.C., S.S. Walse & J.E. Throne. 2017.** Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. *Cur. Op. Insect Sci.* 21: 47-53.
- Jansson, R.K. & R.A. Dybes. 1998.** Avermetins: biochemical mode of action, biological activity and agricultural importance, p. 152-167. In I. Ishaaya & D. Degheele (eds.), *Insecticides with Novel Modes of Action, Mechanism and Application*. New York, Springer-Verlag, 298p.

- Johnson, D.T. & B.A. Croft. 1976.** Laboratory study of the dispersal behavior of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 69: 1019-1023.
- Jung, C. & B.A. Croft. 2001.** Ambulatory and aerial dispersal among specialist and generalist predatory mites (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* 30: 1112-1118.
- Lima, D.B., H.K.V. Oliveira, J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., M. Sabelis, A. Pallini & A. Janssen. 2017.** Predator performance is impaired by the presence of a second prey species. *Bull. Entomol. Res.* 107: 313-321.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., R.N.C. Guedes & J.E.M. Oliveira. 2016.** Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 70: 165-177.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., R.N.C. Guedes, J.E.M. Oliveira & A. Pallini. 2015a.** Acaricide impaired functional predation response of the phytoseiid mite *Neoseiulus baraki* to the coconut mite *Aceria guerreronis*. *Ecotoxicology* 24: 1124-30.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, N.M.P. Guedes, L.M. Gontijo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2015b.** Bioinsecticide predator interactions: azadirachtin behavior and reproductive impairment of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Plos One* 10: e0118343.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013.** Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 381-393.
- Lindquist, E.E. & G.N. Oldfield. 1996.** Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plants, p. 277-300. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds). *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier, 787p.
- Lümmen, P. 1998.** Complex I inhibitors as insecticides and acaricides. *Bioch. Bioph. Acta* 1364: 287-296.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). 2017.** Agrofit. Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS, Brasília, DF, Brazil. [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acessado em: 22 de junho de 2017.
- Melo, J.W.S., C.A. Domingos, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Removal of bunches or spikelets is not effective for the control of *Aceria guerreronis*. *Hortscience* 47: 1-5.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2014b.** Behaviour of coconut mites preceding take-off to passive aerial dispersal. *Exp. Appl. Acarol.* 64: 429-443.
- Mitchell, R. 1970.** An analysis of dispersal in mites. *Am. Nat.* 104: 425-431.

- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts, p. 561-570. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds). Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, 787p.
- Morales, J.M., P.R. Moorcroft, J. Matthiopoulos, J.L. Frair, J.G. Kie, R.A. Powell, E.H. Merrill & D.T. Haydon. 2010.** Building the bridge between animal movement and population dynamics. Phil. Trans. R. Soc. B. 365: 2289-2301.
- Mordue, A.J., E.D. Morgan & A.J. Nisbet. 2010.** Azadirachtin, a natural product in insect control, p. 185-203. In L.I. Gilbert & S.S. Gill (eds). Insect Control: Biological and Synthetic Agents. California, Academic Press, 490p.
- Nault, L.R. & W.E. Styer. 1969.** The Dispersal of *Aceria tulipae* and three other grass-infesting eriophyid mites in Ohio. Ann. Entomol. Soc. Am. 62: 1443-1455.
- Osakabe, Mh., H. Isobe, A. Kasai, R. Masuda, S. Kubota & M. Umeda. 2008.** Aerodynamic advantages of upside down take-off for aerial dispersal in *Tetranychus* spider mites. Exp. Appl. Acarol. 44: 165-183.
- Pels, B. & M.W. Sabelis. 1999.** Local dynamics, over exploitation and predator dispersal in an acarine predator prey system. Oikos 86: 573-583.
- Ronce, O. 2007.** How does it feel to be like a rolling stone? Ten questions about dispersal evolution. Annu. Rev. Ecol. Syst. 38: 231-353.
- Sabelis, M.W. & B.P. Afman. 1994.** Synomone-induced suppression of take-off in the phytoseiid mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Exp. Appl. Acarol. 18: 711-721.
- Sabelis, M.W. & J. Bruin. 1996.** Evolutionary ecology; life history patterns, food plant choice and dispersal, p. 329-366. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, 787p.
- Sabelis, M.W. & M. Dicke. 1985.** Long-range dispersal and searching behavior, p. 141-157. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds) Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, 458p.
- Shvanderov, F.A. 1975.** The role of phoresy in the migration of eriophyid mites (Eriophyoidea). Zool. Zh. 54: 458-461.
- Silva, V.F., G.V. França, J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2016.** Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. J. Pest Sci. 90: 207-215.

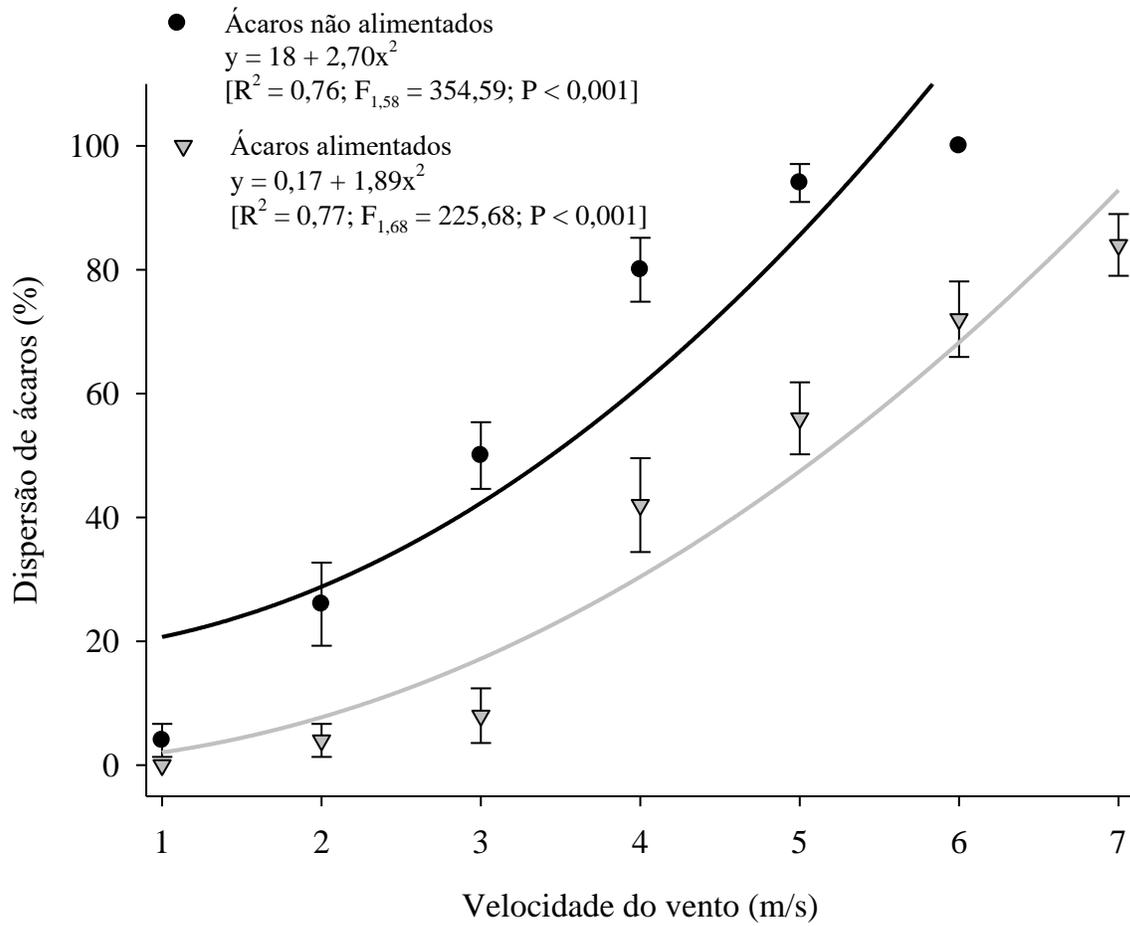


Figura 1. Dispersão de fêmeas do ácaro predador *Neoseiulus baraki* submetidos à privação alimentar e alimentados.

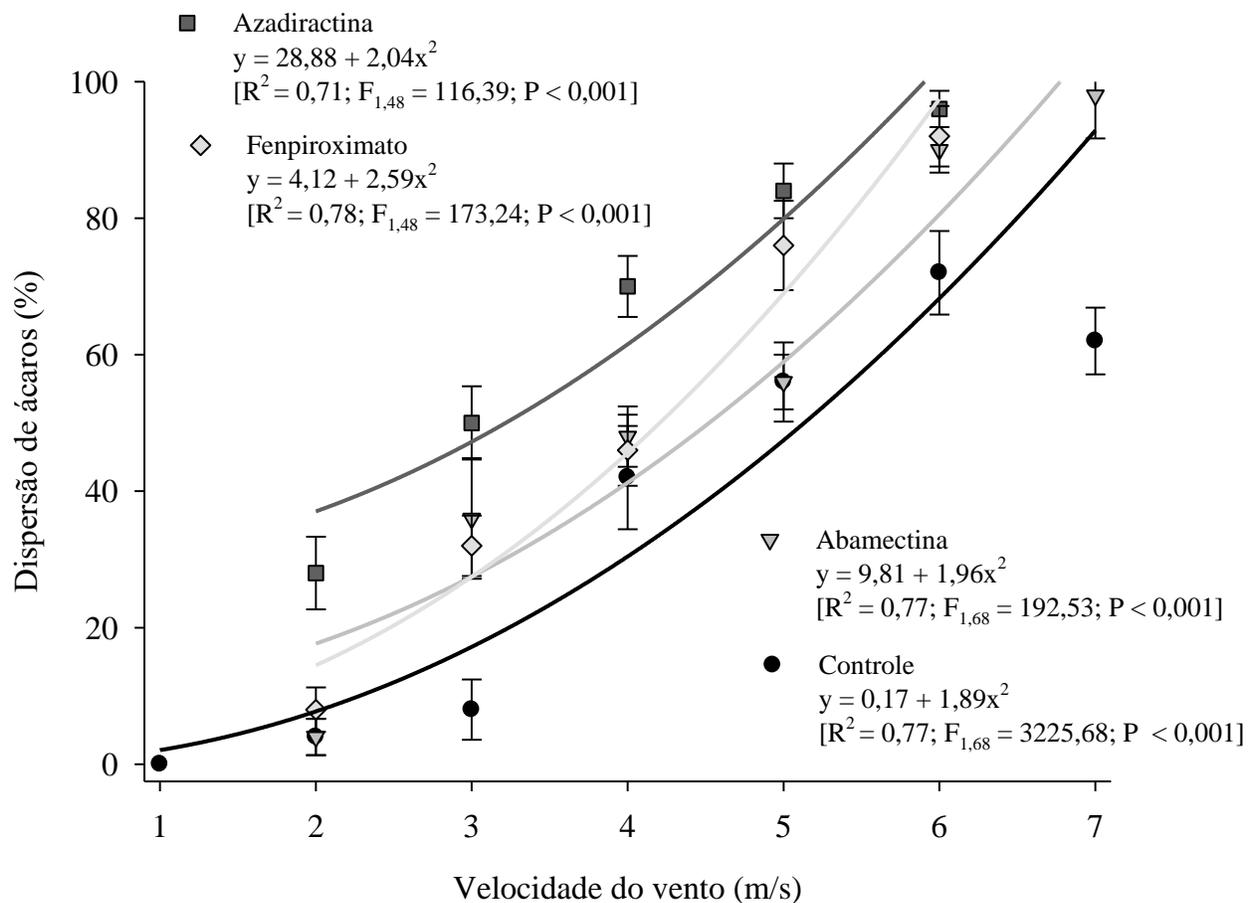


Figura 2. Dispersão de fêmeas do ácaro predador *Neoseiulus baraki* submetidas a superfícies de “decolagem” contaminadas com acaricidas.

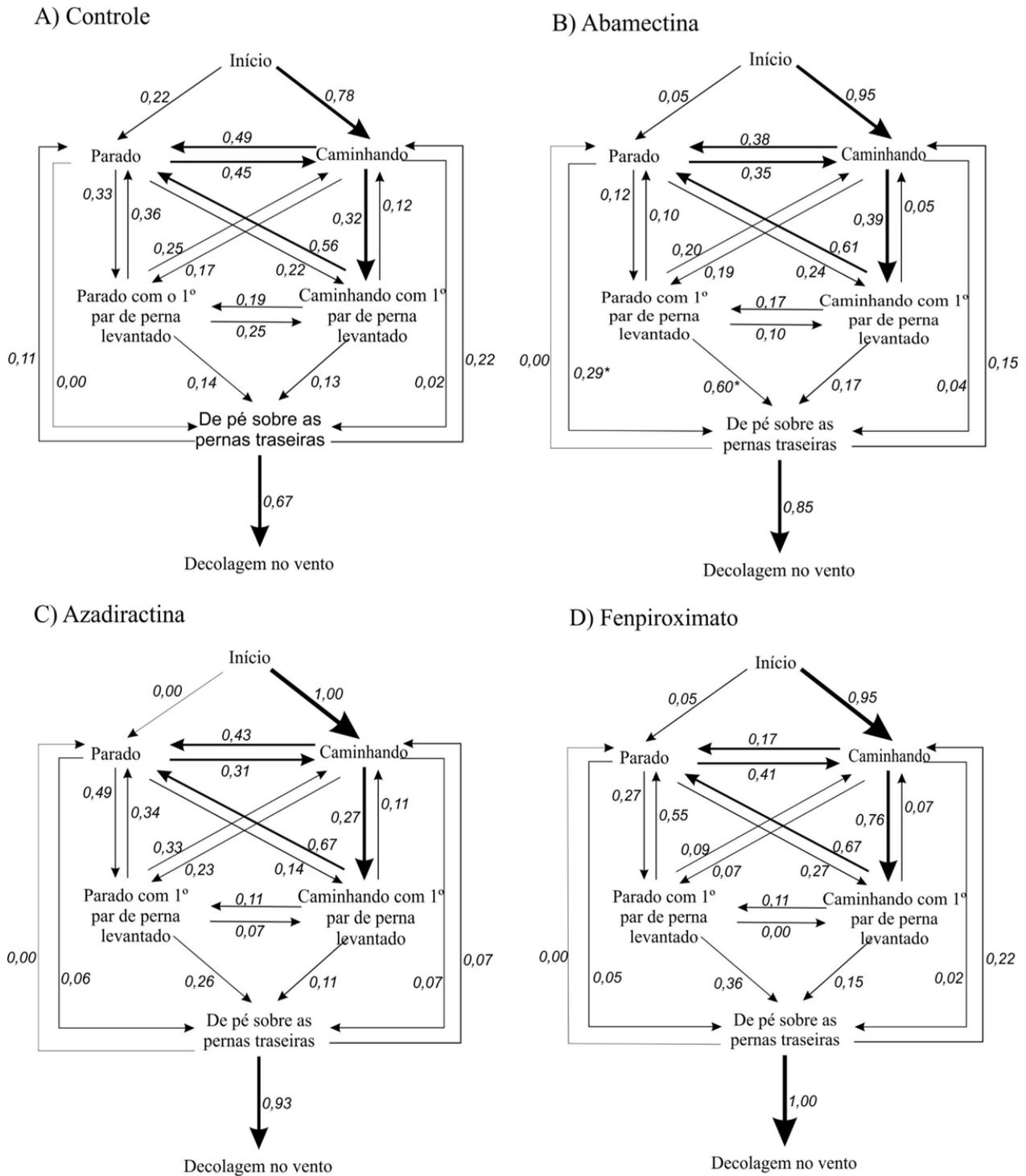


Figura 3. Etograma do comportamento de dispersão do ácaro predador *Neoseiulus baraki* submetidas a superfícies de “decolagem” contaminadas com acaricidas representadas como diagramas de transição de primeira ordem. As setas sólidas indicam cada transição comportamental. A espessura de cada seta representa a frequência de cada transição comportamental (n = 20). Asterisco indica diferença significativa na transição comportamental de ácaros não expostos a superfície não contaminada pelo teste  $\chi^2$  (P < 0,05).

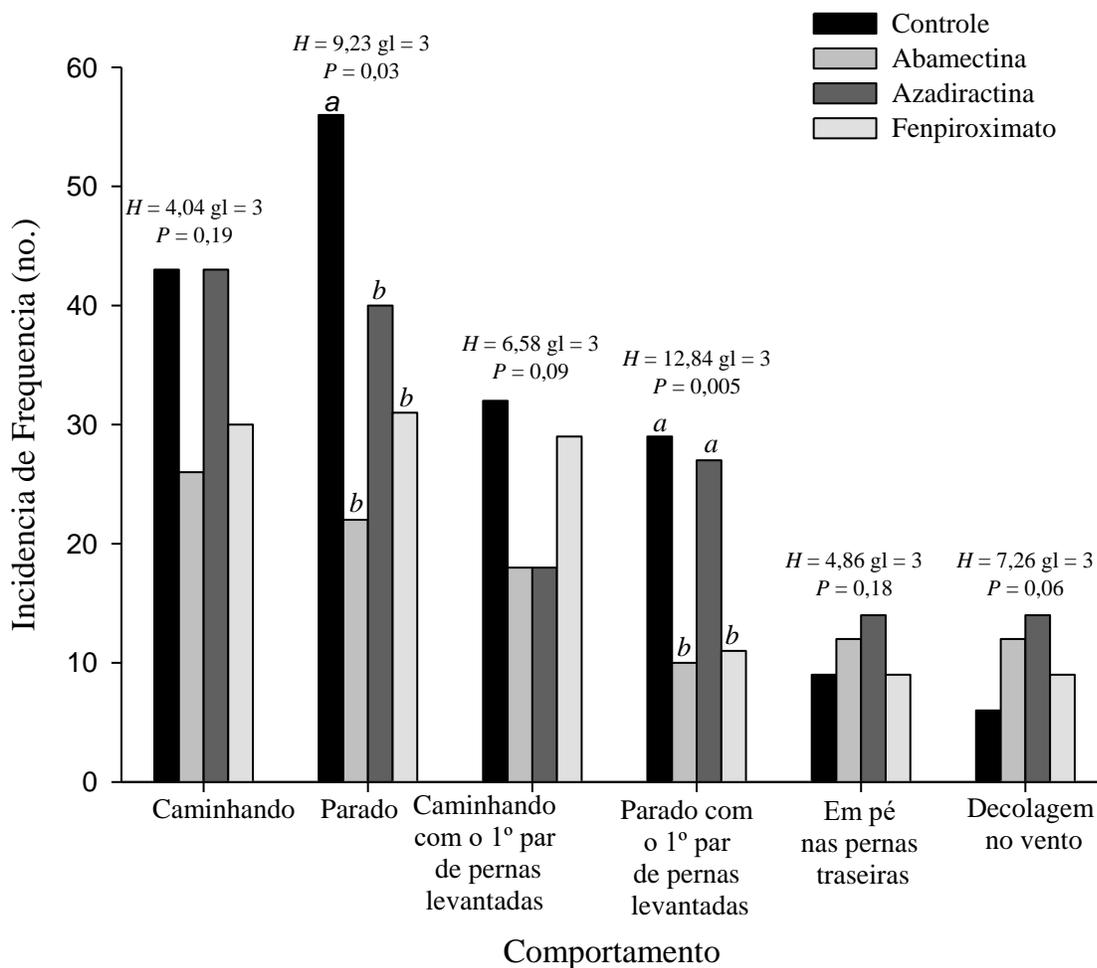


Figura 4. Frequência de cada comportamento que leva à “decolagem” para a dispersão aérea de fêmeas de *Neoseiulus baraki* submetidas a superfícies contaminadas com acaricidas. Os resultados do teste (não paramétrico) Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ) utilizados para testar as diferenças entre acaricidas para cada comportamento são indicados.

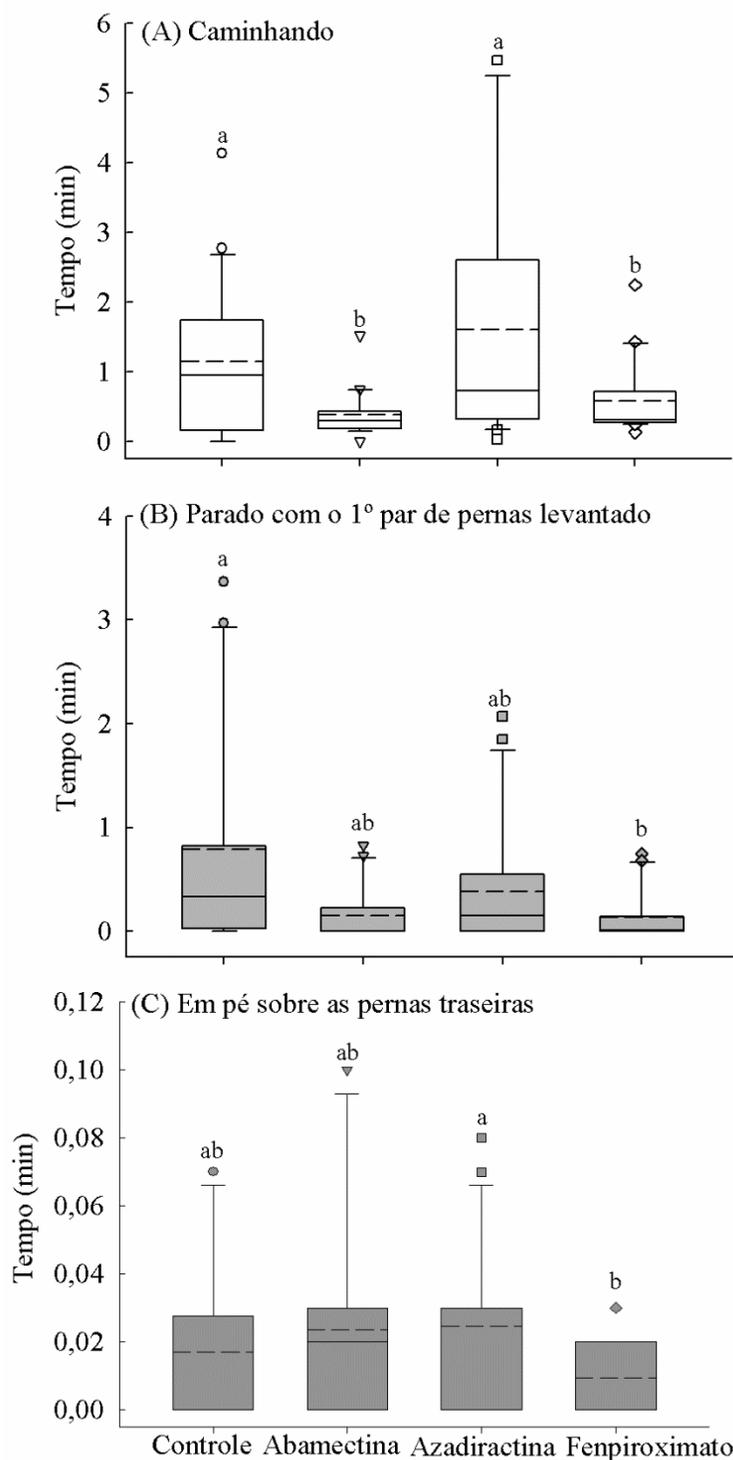


Figura 5. Duração de cada comportamento que leva à “decolagem” para a dispersão no vento de fêmeas de *N. baraki* submetidas a superfícies de “decolagem” contaminadas com acaricidas. Os *boxplot* indicam a mediana (linha contínua), média (linha tracejada) e dispersão (níveis inferiores e superiores) dos valores de duração. A letra minúscula em cada *boxplot* indica diferenças significativas pelo teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

## CAPITULO 6

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle biológico com ácaros predadores se torna uma alternativa promissora e base de diversos estudos em todo mundo. O ácaro predador *Neoseiulus baraki* é encontrado frequentemente sob brácteas de frutos de coqueiro se alimentando de *Aceria guerreronis*. Contudo, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil *N. baraki* não foi encontrado em associação com *A. guerreronis*. Isso foi constatado na predição de estabelecimento feito pelo programa Maxent. Provavelmente o estabelecimento de *N. baraki* nas regiões citadas acima se deve ao clima. Contudo, nas regiões onde o estabelecimento de *N. baraki* é favorável, é importante saber como ocorre a chegada dele na planta, sua movimentação dentro da planta e os fatores que influenciam essa movimentação, e entender como é a dinamica espacial que poderá auxiliar no controle biológico. Os resultados desse estudo mostraram que *N. baraki* apresenta alta capacidade de caminhamento na planta, sendo sua principal forma de dispersão intraplanta, contudo a chegada em outra planta depende da dispersão aérea. A presença de resíduos na planta influencia a dispersão aérea e por caminhamento. Ao notar a presença de acaricidas *N. baraki* apresenta comportamento corporal que o auxilia a ser carregado por correntes aéreas, mesmo que de baixa intensidade. Já na ausencia do vento, ele tenta escapar da superfície com resíduos, porém, mesmo que em menor quantidade, consegue acessar a região sob as bracteas, e então encontrar abrigo e alimento. Todos acaricidas utilizados no estudo afetaram a dispersão de *N. baraki*. Contudo, azadiractina foi o que mais contribuiu para a dispersão aérea, no entanto, na ausência de vento e a fim de evitar o contato com a superfície pulverizada com azadiractina, *N. baraki* conseguiu colonizar os frutos infestados com *A. guerreronis* com maior eficiência.