

DISPERSÃO DO ÁCARO-DA-NECROSE-DO-COQUEIRO, *Aceria guerreronis* KEIFER, EM
DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS

por

JOSÉ WAGNER DA SILVA MELO

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

RESUMO

A Dispersão do ácaro-da-necrose-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer, e a localização de plantas hospedeiras por estes ácaros são aspectos ainda pouco explorados. O objetivo deste estudo foi demonstrar: (I) como o deslocamento de *A. guerreronis* é limitado pela sua capacidade de sobreviver na ausência do hospedeiro e pela sua capacidade de movimentar-se e orientar-se na ausência ou presença de pistas relacionados ao hospedeiro; (II) se a dispersão aérea de *A. guerreronis* é precedida por algum comportamento característico; (III) se existe uma correlação entre a posição do corpo em relação ao substrato e a direção do vento; (IV) se o substrato (superfície das brácteas ou da epiderme) e a velocidade do vento influenciam a dispersão aérea; e (V) como *A. guerreronis* responde a estímulos voláteis da planta hospedeira em olfatômetro e arenas. Os resultados mostram que sob condições climáticas representativas para os Trópicos (27 °C e 75% UR) os ácaros sobreviveram, em média, por 11 horas e afastaram-se 0,4 m da origem. Na presença de pistas relacionadas com o hospedeiro, os ácaros percorreram distâncias 30% maiores do que na ausência das pistas. A dispersão aérea às vezes foi precedida pela fixação do corpo no hospedeiro, através do lobo anal e elevação da parte anterior, porém mais frequentemente a dispersão ocorreu enquanto o ácaro estava andando ou parado sobre o substrato. A fixação do corpo no hospedeiro não foi correlacionada com a direção do vento. A dispersão

aérea ocorreu mais frequentemente quando o ácaro encontrava-se sobre a superfície das brácteas de frutos de coco do que sobre a superfície do próprio fruto. Para ambos substratos, a dispersão aérea foi diretamente proporcional à velocidade do vento. Em arenas, no entanto, um grande número de ácaros foi encontrado nas extremidades que continham discos de frutos, contudo isto ocorreu apenas quando o contato com o hospedeiro foi permitido.

PALAVRAS-CHAVE: *Cocos nucifera*, Eriophyidae, Sobrevivência, Dispersão por caminhamento, Dispersão aérea, Comportamento de dispersão, Localização do hospedeiro.

DISPERSAL OF THE COCONUT MITE, *Aceria guerreronis* KEIFER, AT VARIOUS
SPATIAL SCALES

by

JOSÉ WAGNER DA SILVA MELO

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

ABSTRACT

Dispersion and host location are aspects generally few explored in eriophyid mites, especially to the coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer. Therefore, this study aimed to show: (I) how coconut mites are constrained in their effective displacement by their ability to survive in absence of food and by their ability to walk and orient in absence or presence of food-related cues; (II) whether take-off to aerial dispersal of coconut mites is preceded by characteristic behaviour, (III) whether there is a correlation between the body position preceding aerial dispersal and the direction of the wind, (IV) whether the substrate (surface of the bracts or epidermis) and the wind speed matter to the decision to take-off; and (V) how coconut mites respond to cues from their host plant in a olfactometer and in cross-shaped arenas. We found that under climatic conditions representative for the Tropics (27 °C and 75% RH) mites survived on average for 11 hours and covered 0.4 m, representing the effective linear displacement away from the origin. However, in the presence of food-related cues mites traveled over 30% larger distances than in absence of these cues. We found that take-off can be sometimes preceded by a raised body stance, but more frequently it occurs while the mite is walking or resting on its substrate. Mites that become airborne exhibited a body position that showed no relation to the wind direction. Take-off occurred significantly more frequently on the outer surface of coconut bracts than on the surface

of the fruit. For both substrates, take-off frequency was directly proportional to the wind speed. On the arenas, a large number of mites was found only at the end containing epidermis discs of fruits but this just occur when the contact with the attractive source was allowed.

KEY WORD: *Cocos nucifera*, Eriophyidae, Survival, Ambulatory displacement, Take-off, Dispersal Behaviour, Host location

DISPERSÃO DO ÁCARO-DA-NECROSE-DO-COQUEIRO, *Aceria guerreronis* KEIFER, EM
DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS

por

JOSÉ WAGNER DA SILVA MELO

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

Novembro - 2013

DISPERSÃO DO ÁCARO-DA-NECROSE-DO-COQUEIRO, *Aceria guerreronis* KEIFER, EM
DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS

por

JOSÉ WAGNER DA SILVA MELO

Comitê de Orientação:

Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior – UFRPE

Angelo Pallini – UFV

Maurice W. Sabelis – IBED/UvA

DISPERSÃO DO ÁCARO-DA-NECROSE-DO-COQUEIRO, *Aceria guerreronis* KEIFER, EM
DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS

por

JOSÉ WAGNER DA SILVA MELO

Orientador:

Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. - UFRPE

Avaliadores:

Angelo Pallini - UFV

Anibal R. Oliveira - UESC

Denise Navia – EMBRAPA/CENARGEN

Reginaldo Barros - UFRPE

DEDICATÓRIA

A Deus por tornar esse trabalho possível.

Aos meus pais José Menino da Silva Neto e Sandra Maria da Silva Melo, meus irmãos José Mauro da Silva melo e Nathalia Jessika da Silva Melo pelo amor, carinho e compreensão.

A minha querida Debora B. Lima pelo seu amor, paciência e apoio.

A Prof. Dr. Manoel Guedes C. Gondim Jr., Prof. Dr. Angelo Pallini e Prof. Dr. Maurice W. Sabelis por suas valiosas orientações, amizades e reconhecimento.

A todos os meus amigos por me apoiarem e transformarem o meu esforço em realidade.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), e especialmente ao "Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola" por propiciar todo o suporte material e intelectual necessário para desenvolver esse trabalho;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo no Brasil (PPGEA/UFRPE) e no exterior (IBED/UvAmsterdan)

Expresso minha sincera e profunda gratidão ao meu orientador Professor Manoel Guedes C. Gondim Jr, que apesar de seus muitos outros compromissos acadêmicos sempre estava disponível em toda vez que dele precisei. Sua orientação pessoal e importante apoio ao longo deste trabalho foram extremamente valiosos para minha formação pessoal e profissional.

Ao Professor Angelo Pallini a minha sincera gratidão pelo acolhimento na UFV e por sua ajuda e apoio durante a minha estadia na cidade de Viçosa, MG. Sou profundamente grato a ele pelas longas discussões que me ajudaram a resolver detalhes técnicos do meu trabalho e pela minuciosa leitura e revisões dos manuscritos.

Ao Professor Maurice Sabelis a minha sincera gratidão por ter me acolhido na Holanda e por sua ajuda e apoio durante a minha estadia naquele país, com agradecimento especial pela oportunidade de ir ao 7ª Associação Europeia de Acarologia (EURAAC) o Congresso em Viena, Áustria. Sem esquecer os seus comentários e sugestões pertinentes sobre os manuscritos, bem como sobre vários aspectos da condução do trabalho.

Aos meus amigos do Laboratório de Acarologia da UFRPE Aleuny Coutinho Reis, Camila Stephanie, Carla Patrícia Oliveira de Assis, Cecília Sanguinetti, Cleiton Araújo Domingos, Daniela Rezende, Débora Barbosa de Lima, Fernanda Helena N. de Andrade, Girleide França,

Hellen Karoline, Josilene Maria de Sousa, Vaneska Barbosa Monteiro e Vanessa Farias pela ajuda, suporte e amizade;

Aos meus amigos do Laboratório de Acarologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Ana Maria Guimarães Bernardo, Cleber Macedo de Oliveira, Cleide Rosa Dias, Felipe de Lemos, Fredy Alexander Rodriguez Cruz, Livia Maria Silva Atide e Marcus Vinícius Alfenas Duarte pela ajuda, suporte e amizade;

Aos meus amigos do Institute of Biodiversity and ecosystem Dynamics (IBED) (University of Amsterdam (UvA) - The Netherlands), Alexandra Revynthi, Arne Janssen, Bart Schimmel, Carlos A. Villarroel Figueroa, Dan Li, Fernando Rodrigues Silva & Heike Staudacher, Izabela Lesna, Joris J Glas, Juan M Alba, Karen Munoz, Liu Jie, Maria Pappas & George Broufas (Democritus University of Thrace, Greece) e Paulien JA de Bruijn pela ajuda, suporte e amizade;

Aos meus colegas "Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola" Ariella Cahu, Darci Martins Correia da Silva e José Romildo Nunes;

Há várias pessoas para agradecer que eu tenho medo de esquecer, mas Deus não esquecerá e abençoará a todos...

Não há mais a dizer do que OBRIGADO!

A pesquisa relatada nesta tese foi apoiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq - MCTI n ° 14/2012 (Proc. 472713/2012-4)] por parte do governo brasileiro. E pelo apoio do CNPq pela bolsa [MCT n ° 70/2009 (Proc. 147462/2010-0) e SWE / CSF (Proc. 202488/2011-0)].

SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO GERAL	01
LITERATURA CITADA.....	06
2 LIMITES AO DESLOCAMENTO POR CAMINHAMENTO DO ÁCARO-DA- NECROSE-DO-COQUEIRO NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE PISTAS RELACIONADAS COM O ALIMENTO	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	16
RESULTADOS.....	20
DISCUSSÃO	22
AGRADECIMENTOS	25
LITERATURA CITADA	26
3 É A DISPERSÃO AÉREA DE <i>Aceria guerreronis</i> Keifer PRECEDIDA POR ALGUM COMPORTAMENTO CARACTERÍSTICO?.....	38
RESUMO.....	39
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41

MATERIAL E MÉTODOS	43
RESULTADOS.....	49
DISCUSSÃO	52
AGRADECIMENTOS	56
LITERATURA CITADA	56
4 COMPORTAMENTO DE BUSCA DO HOSPEDEIRO PELO ÁCARO-DO- COQUEIRO, <i>Aceria guerreronis</i> KEIFER.....	71
RESUMO	72
ABSTRACT	73
INTRODUÇÃO	74
MATERIAL E MÉTODOS	76
RESULTADOS.....	79
DISCUSSÃO	80
AGRADECIMENTOS	82
LITERATURA CITADA	82

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

Coco (*Cocos nucifera* L.) é uma das culturas mais importantes nos trópicos e subtropico, e considerada entre as vinte culturas que mais depende a vida humana (Mangelsdorf 1966, Vietmeyer 1986, Ohler 1999). O coqueiro é cultivado comercialmente hoje em um total de 12 milhões de hectares em mais de 92 países, principalmente na Indonésia, Filipinas, Índia, Sri Lanka, Tailândia, Vietnã, Papua Nova Guiné, Malásia, Brasil e México (FAOSTAT, 2013).

A origem geográfica do coqueiro ainda é controversa (Child 1974, Gunn *et al.* 2011). Várias hipóteses sobre a origem dessa palmeira têm sido propostas, mas há fortes evidências moleculares sugerindo uma origem do extremo Sudeste da Ásia para as ilhas do Pacífico da Papua Nova Guiné (Persley 1992, Lebrun *et al.* 1998, Gunn *et al.* 2011). Esta palmeira é a única espécie do gênero *Cocos* (Child, 1974).

O coqueiro tem grande variedade de usos (água, frutas, óleo, fibras, madeira, etc) e tornou-se cada vez mais importante para a indústria e comércio (Fontes *et al.* 2003). Alguns produtos derivados do fruto (copra, creme de coco, proteínas, frutos maduros, fibra de coco e carvão) são negociados internacionalmente (Foale 2003). Por causa dos múltiplos usos, o coco é descrito como "árvore da vida" e agora classificados como "alimentos funcionais" (Hegde 2006).

Existe uma perda econômica associada com a presença de várias pragas que atacam várias fases do coqueiro. Até o momento a praga mais prejudicial ao fruto é o ácaro eriofídeo *Aceria guerreronis* Keifer, comumente chamado de "ácaro do coqueiro". Nos últimos 30 anos, o ácaro do coqueiro se espalhou para áreas de produção de coco em todo o mundo. Embora descrita pela primeira vez em 1965 por Keifer a partir de amostras de coco coletadas no México, há evidências

de que este ácaro estava presente em outras áreas das Américas bem antes de 1965 (Ortega *et al.* 1967, Robbs & Peracchi 1965, Zuluaga & Sánchez 1971). Os sintomas característicos do ácaro foram observados na Colômbia desde 1948 (Zuluaga & Sanchez 1971), no Brasil desde 1953 (Aquino & Arruda 1967, Robbs & Peracchi 1965) e mesmo no México em 1960 (Ortega *et al.* 1967). Em 1966 o ácaro foi relatado a partir do Golfo Africano da Guiné e Ilhas Benin em 1967 (Cabral & Carmona 1969, Mariau 1969). Na década de 1980 o ácaro foi relatado na Tanzânia (Seguni 2002). Registros recentes colocaram o ácaro do coqueiro, na Flórida (EUA) em 1984 (Howard *et al.* 1990), Sul da Ásia (Índia e Sri Lanka), onde a espécie era desconhecida até o final da década de 1990 (Fernando *et al.* 2002, Sathiamma *et al.* 1998) e Oriente Médio (Oman) (Lofego *et al.* 2011).

O ácaro do coqueiro é considerado uma praga-chave dos frutos ao longo de sua distribuição geográfica (Moore & Howard 1996), causando perdas significativas. Populações do ácaro desenvolvem-se no tecido meristemático sob o perianto do fruto, que é coberta pelas brácteas florais. O primeiro sintoma de dano do ácaro é o aparecimento de faixas brancas provenientes sob o perianto dos frutos. Essas estrias ampliam-se e eventualmente tornam-se marrons e coriáceas (Julia & Mariau 1979, Hall & Espinosa 1981). À medida que o fruto cresce, a divisão celular rápida das células circundantes provoca estresse nas áreas danificadas (McCoy & Albrigo 1975). Isso resulta em profundas fissuras na parede dos frutos, distorção e diminuição da produção de copra. Em infestação grave ocorre a redução no tamanho dos frutos e malformação. Infestações também podem causar intensa queda de frutos prematuros (Doreste 1968, Nair 2002, Wickramananda *et al.* 2007). O impacto do ácaro do coqueiro nos frutos de coco compreende: a redução do número de frutos por planta, a redução no peso do fruto (fresco e seco) e no tamanho do fruto, a redução do rendimento de copra e água de coco e redução no valor comercial do fruto (Zuluaga & Sanchez 1971, Julia & Mariau 1979, Oliveira Fonseca *et al.* 1986, Moore *et al.* 1989,

Rmaraju *et al.* 2005, Wickramanada *et al.* 2007). Conseqüentemente, os agricultores sofrem perdas econômicas devido à presença contínua da praga. As perdas estimadas podem chegar a até 60% da safra (Moore 2000). Em geral, tem-se observado que as perdas são mais pronunciadas quando as infestações ocorrem em frutos jovens (Doreste 1968, Seguni 20002, Wickramananda *et al.* 2007) e/ou na ausência de medidas de controle. O ácaro do coqueiro é, portanto, uma das principais pragas que representam uma ameaça para as plantações de coqueiro.

O ácaro de coco provou ser de difícil de controle. Atualmente, o controle químico é o único meio conhecido de controlar a praga de forma eficaz. O controle químico não é sustentável devido à necessidade de aplicações frequentes e regulares, e de alto custo (Moore & Howard 1996, Ramaraju *et al.* 2002). Assim, tendo em conta os altos custos, o uso de acaricidas pode ser proibitivo para os pequenos agricultores (Persley 1992, Moore & Howard 1996), que representam a maior parte dos produtores. Portanto, outros meios de controle estão sendo explorados, principalmente o uso de ácaros predadores (Domingos *et al.* 2010, Fernando *et al.* 2010, Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Lima *et al.* 2012, Melo *et al.* 2011), fungo entomopatogênico *Hirsutella* spp. (Cabrera 2002, Rabindra & Sreerama Kumar 2003) e as práticas culturais (*ie*, remoção dos cachos ou da porção distal das espiguetas) (Alencar *et al.* 2001, Melo *et al.* 2012). Além disso, são necessários estudos sobre os aspectos biológicos, ecológicos e comportamentais do coco para fornecer conhecimentos básicos para o desenvolvimento de medidas de controle eficazes.

Apesar de sua importância como uma praga em todo o mundo, muito pouco se sabe sobre o comportamento de dispersão do ácaro do coqueiro para encontrar o hospedeiro (Michalska *et al.* 2009, Navia *et al.* 2013). Entender esses aspectos é de grande importância para melhorar as estratégias de controle de pragas.

Os mecanismos de dispersão do ácaro do coqueiro tem sido muito pouco explorado. No entanto, é geralmente aceito que os efeitos combinados de pequeno tamanho do corpo, movimento

lento, e susceptibilidade durante a dispersão por caminhamento para distâncias curtas a limites de exposição do ácaro do coqueiro, principalmente na mesma planta ou entre plantas que se tocam. Tem sido demonstrado que o ácaro do coqueiro pode andar a uma velocidade de 22,5 cm de 30 min (Galvão *et al.* 2012). No entanto, o transporte à longas distâncias de eriofídeos geralmente é feito através do vento (dispersão aérea) e forésia (dispersão forética) (Duffner *et al.* 2001, Jeppson *et al.* 1975, Sabelis & Bruin 1996, Michalska *et al.* 2009, Galvão *et al.* 2012). É provável que a dispersão forética através vetores específicos seja vantajoso para espécies especialistas em plantas hospedeiras, tais como os ácaros eriofídeos, porém há pouca evidência que sustentem esta hipótese. Acredita-se que a dispersão do ácaro do coqueiro entre plantas ocorra majoritariamente pelo vento (Galvão *et al.* 2012, Moore & Alexander 1987). A dispersão aérea ocorre principalmente à noite (Moore & Alexander 1987, Galvão *et al.* 2012), e envolve fêmeas inseminadas (Moore & Howard 1996). As correntes de ar podem levar os ácaros para cachos ou para as folhas mais verticais na coroa, a partir das quais eles podem cair para cachos mais novos (Moore & Howard 1996). Apesar de coqueiros proporcionarem um grande alvo (devido à altura e também por ter várias estruturas, tais como folhas, espiguetas, raque e cachos) em organismos que se dispersam pelo ar, a mortalidade associada a este processo de dispersão é provavelmente muito elevada (Moore & Alexander 1987, Moore & Howard 1996) e a probabilidade de realmente chegar a um novo fruto é provavelmente muito baixa. Além disso, a longevidade dos ácaros removidos de uma planta hospedeira pode ser de apenas algumas horas (Bergh 2001), o que sugerem que a dispersão aérea ocorra apenas a distâncias relativamente curtas. No entanto, existem casos em que eriofídeos sobrevivem longos períodos sob condições de frio extremo, dessecantes e baixas concentrações de oxigênio, o que sugerem que a dispersão aérea ocorra a longa distâncias (Zhao & Amrine 1997). A velocidade, distância e sobrevivência de eriofídeos dispersos entre as plantas é geralmente pouco conhecida.

Adaptações comportamentais, como o posicionamento do acessório caudal do corpo no substrato, ou a fixação dos ácaros do coqueiro uns aos outros para formar correntes extensas foram observados e interpretados como comportamentos que auxiliam na dispersão aérea (Galvão *et al.* 2012). No entanto, esses comportamentos devem ser considerados não só como comportamentos que aumentam a probabilidade de se lançar para a atmosfera, mas também como um aumento de probabilidade de se aderir a um objeto que passa, como um inseto, um ácaro maior, ou um ser humano (Gibson & Painter 1957, Duffner *et al.* 2001) ou mesmo a percepção de forrageamento. O comportamento de dispersão do ácaro do coqueiro após na “decolagem” no ar e após a aterrissagem é em grande parte desconhecido.

Independentemente do método de transporte (vento, forese ou caminhando), quando o ácaro eriofídeo chega a um não-hospedeiro ocorre perda de tempo para encontrar um novo hospedeiro adequado. O reconhecimento do hospedeiro é uma das etapas mais importantes do ciclo de vida de um organismo e para os ácaros do coqueiro, a planta hospedeira não é apenas uma fonte de alimento, mas um habitat para viver por várias gerações. A maior parte da informação relativa à relação entre os ácaros Eriophyoidea e seus hospedeiros foi inferida a partir da observação da prevalência ou extensão dos danos nas plantas, mas a capacidade de reconhecimento ou detecção do hospedeiro não é clara. Lindquist & Oldfield (1996) sugeriram que os ácaros Eriophyoidea parecem não ter qualquer mecanismo de localização de hospedeiro. No entanto, estes autores ignoraram que os solenídeos dos ácaros presentes no tarso de pernas I e II, que é um órgão sensorial, poderia informar ao ácaro, a composição química do substrato. Interações químicas da planta hospedeira com o solenidion, especialmente a capacidade de ácaros Eriophyoidea para discriminar entre milhares de compostos voláteis na superfície da planta e serem atraídos para apenas alguns poucos, ainda não foi explorada.

Informações sobre a dispersão e forrageamento do ácaro do coqueiro ainda são pouco explorados. É óbvio que o conhecimento dos mecanismos e fatores que influenciam a dispersão e o encontro do hospedeiro pelo ácaro do coqueiro podem ajudar na definição de estratégias de manejo dessa praga.

Literatura citada

- Aquino, M.L.N. & G.P. Arruda. 1967.** Agente causal da “necrose-do-olho-coqueiro” em Pernambuco. Recife, IPA, 33p.
- Alencar, J.A., P.C.G. Alencar, F.N.P. Haji, & F.L. Barbosa. 2001.** Efeito do controle cultural e químico sobre o ácaro da necrose do coqueiro, em coco-anão irrigado. Rev. Bras. Frutic. 23: 577–579.
- Bergh, J.C. 2001.** Ecology and aerobiology of dispersing citrus rust mites (Acari: Eriophyidae) in Central Florida. *Environ. Entomol.*, 30: 318-326.
- Bondar G. 1940.** Insetos nocivos e moléstias do coqueiro (*Cocos nucifera*) no Brasil. Bahia: Tipografia Naval. 160p.
- Cabral, R.V.G. & M.M. Carmona. 1969.** *Aceria guerreronis* Keifer (Acarina: Eriophyidae) uma espécie nova para São Tomé e Príncipe. Port. Acta Biol. 10: 353-358.
- Cabrera, R.I. 2002.** Biological control of the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) with the fungus *Hirsutella thompsonii* and its possible integration with other control methods, p. 89–103. 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.
- Child, R. 1974.** Coconuts. London, Longman, 335p.
- 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.
- Doreste, S.E. 1968.** El ácaro de la flor del cocotero (*Aceria guerreronis* Keifer) en Venezuela. Agron. Trop. 18: 370-386.
- 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.

FAOSTAT 2011. Coconut. Available in: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Accessed 01 June 2013.

Fernando, L.C.P., I.R. Wickramananda & 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. Wickramananda (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.

Fernando L.C.P., K.P. Waidyarathne, K.F.G. Perera & P.H.P.R. De Silva. 2010. Evidence for suppressing coconut mite, *Aceria guerreronis* by inundative release of the predatory mite, *Neoseiulus baraki*. Biol. Control 53: 108-111.

Foale, M. 2003. The coconut odyssey: the bounteous possibilities of the tree of life. ACIAR, Canberra (Monograph No. 101).

Fontes, H.R., F.E. Ribeiro & M.F. Fernandes. 2003. Coco, produção: aspectos técnicos, Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 106p.

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.

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.

Hall, R.A. & A. Espinosa. 1981. The coconut mite *Eriophyes guerreronis* with special reference to the problem in Mexico. British crop protection conference pests and diseases. British Crop Protection Council, Farnham, pp 113-120.

Hegde, B.M. 2006. Coconut oil: ideal fat next only to mother's milk. J. Indian Acad. Clin. Med. 7: 16-19.

Howard, F.W., E.A. Rodríguez & H.A. Denmark. 1990. Geographical and seasonal distribution of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), in Puerto Rico and Florida, USA. J. Agric. Univ. Puerto Rico 74: 237-251.

Jeppson, L.R., H.H. Keifer & E.W. Baker. 1975. Mites injurious to economic plants. Berkeley: University of California Press, 614p.

Julia, J.F. & D. Mariau. 1979. New research on the coconut mite *Eriophyes guerreronis* (K) in the Ivory Coast. Oléagineux 34: 181-189.

Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr, G.J. Moraes, R. Hana & P. Schausberger. 2008. 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.

- Lebrun, P., L. Grivet & L. Baudoin. 1998.** Dissemination et domestication du cocotier a la lumiere des marqueurs RFLP. *Plant. Rech. Dev.* 5: 233-245.
- Lindquist, E.E. & C.N. Oldfield. 1996.** Evolution and Phylogeny. Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plant. p. 277-297. In: E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control.* Amsterdam: Elsevier, 790p.
- 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.
- Lofego, A.C., F.C. Hountondji, A. Al-Shanfari & G.J. Moraes. 2011.** Incidence of tarsonemid mites on *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) from Oman with description of a new species of *Nasutitarsonemus* Beer and Nucifora (Acari: Tarsonemidae). *J. Nat. Hist.* 45: 461-474.
- Mangelsdorf, P.C. 1966.** Genetic potentials for increasing yields of food crops and animals. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 56: 370-5.
- Mariau, D. 1969.** *Aceria guerreronis* Keifer: récent ravageur de la cocoteraie Dahoméenne. *Oléagineux* 24: 269-272.
- McCoy, C.W. & L.G. Albrigo. 1975.** Feeding injury to the orange caused by the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* (Prostigmata:Eriophyoidea). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 68: 289-297.
- 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, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** The removal of bunches or spikelets are not effective practices in control of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae). *Hort. Sci.* 47: 626-630.
- Michalska, K., A. Skoracka, D. Navia & J.W. Amrine Jr. 2009.** Behavioural studies on eriophyoid mites-an overview. *Exp. Appl. Acarol.* 51: 31-59.
- Moore, D. 2000.** Non-chemical control of *Aceria guerreronis* on coconuts. *Biocontrol News Inf.* 21: 83-87.
- Moore, D. & L. Alexander. 1987.** Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). *Bull. Ent. Res.* 77: 641-650.
- Moore, D., L. Alexander & R.A. Hall. 1989.** The coconut mite, *Eriophyes guerreronis* Keifer in St Lucia yield losses and attempts to control it with acaricide, polybutene e *Hirsutella* fungus. *Trop. Pest Manag.* 35: 83-89.

- 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.
- Ohler, J.G. 1999.** *Modern coconut management: palm cultivations and products*. London, FAO, 458p.
- Olivera Fonseca, S. 1986.** El ácaro causante de la 'Roña del Cocotero' en Veracruz, Mexico (Acarina: Eriophyidae). *Folia Entomol. Mexicana* 67: 45-51.
- Ortega, C.A., V.J. Rodriguez & C.V. Garibay. 1967.** Investigaciones preliminares sobre el eriófido del fruto del cocotero *Aceria guerreronis* Keifer, en la Costa Grande Guerrero (México). *Oléagineux* 6: 371-372.
- Persley, G.J. 1992.** *Replanting the tree of life: towards an international agenda for coconut palm research*. Wallingford, CAB, 156p.
- Rabindra, R.J. & P.S. Kumar. 2003.** Prospects of biological control of coconut mite. In: Singh HP, Rethinam P (eds.) *Coconut eriophyid mite: issues and strategies*. Proceedings of the international workshop on coconut mite. Bangalore, pp 35-42.
- Ramaraju, K., S. Palaniswamy, P. Annakodi, M.K. Varadarajan, M. Muthukumar & V. Bhaskaran. 2005.** Impact of coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* K. (Acari: Eriophyidae) on the yield parameters of coconut. *Indian Coconut J.* 25: 12-15.
- 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, India, p.13-31. In L.C.P. Fernando, G.J. de Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Robbs, C.F. & A.L. Peracchi, 1965.** Sobre a ocorrência de um ácaro prejudicial do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), p. 65-70. In. IX Reunião Fitossanitária, Rio de Janeiro, Anais Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura.

- Sabelis, M.W. & J. Bruin. 1996.** Evolutionary ecology: life history patterns, food plant choice and dispersal, 329-366. In: E. E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam: Elsevier, 790p.
- Sathiamma, B., C.P.R. Nair & P.K. Koshi. 1998.** Outbreak of a nut infesting eriophyid mite, *Eriophyes guerreronis* (K.) in coconut plantations in India. *Indian Coconut J.* 29: 1-3.
- 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. de Moraes & I.R. Wickramananda. (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Vietmeyer, N.D. 1986.** Lesser-known plants of potential use in agriculture and forestry. *Science*. 232: 1379-1384.
- Wickramananda, I.R., T.S.G. Peiris, M.T. Fernando, L.C.P. Fernando & S. Edgington. 2007.** Impact of the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer) on the coconut industry in Sri Lanka. *CORD* 23:1-16
- Zuluaga, C.I. & P.A. Sánchez. 1971.** La roña o escoriación de los frutos del cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Colombia. *Acta Agron.* 21: 133-139.

CAPÍTULO 2

LIMITES AO DESLOCAMENTO POR CAMINHAMENTO DO ÁCARO-DA-NECROSE- DO-COQUEIRO NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE PISTAS RELACIONADAS COM O ALIMENTO

JOSÉ WAGNER DA S. MELO¹, DEBORA B. LIMA¹, MAURICE W. SABELIS², ANGELO PALLINI³ AND
MANOEL G.C. GONDIM JR¹

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

²Institute of Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Science Park 904,
1098 XH Amsterdam, The Netherlands.

³Departamento de Biologia Animal – Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter
Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C.Gondim Jr. Limits to ambulatory displacement of coconut mites in absence and presence of food-related cues. Accepted in Exp Appl Acarol.

RESUMO – A dispersão por caminharmento de ácaros fitófagos limita as distâncias que estes podem se deslocar para atingir uma nova fonte de alimento. Na ausência de pistas relacionadas ao alimento esses limites são determinados pela sobrevivência, tempo gasto caminhando, tortuosidade do trajeto caminhado e velocidade de caminharmento, enquanto que na presença de pistas, a determinação dos limites também inclui a capacidade de orientação e de direcionamento para a fonte de alimento. Para os Eriophyoidea tais limites são ainda mais acentuados, devido ao seu tamanho, número de pernas reduzidas e por serem extremamente sensíveis à desidratação. O presente estudo demonstra como o deslocamento do ácaro-da-necrose-do-coqueiro (*Aceria guerreronis* Keifer) é limitado pela sua capacidade de sobreviver na ausência de alimento e pela sua capacidade de movimentar-se e orientar-se na ausência ou presença de pistas relacionadas ao hospedeiro. Foi observado que sob condições climáticas de 27 °C e 75% UR os ácaros sobreviveram, em média, por 11 horas e deslocaram-se 0,4 m linear. Dentro de um período de 5 horas, ácaros adultos coletados fora do perianto de frutos velhos afastaram-se mais da origem do que aqueles coletados sob o perianto de frutos jovens. Na presença de pistas relacionadas com o hospedeiro os ácaros percorreram distâncias 30% maiores do que na ausência das pistas. Estes resultados revelam que a dispersão por caminharmento dos ácaros pode levá-los a outros frutos dentro de um mesmo cacho, e talvez também para outros cachos na mesma planta.

PALAVRAS-CHAVE: Dispersão, *Aceria guerreronis*, sobrevivência, caminharmento, orientação

LIMITES AO DESLOCAMENTO POR CAMINHAMENTO DO ÁCARO-DA-NECROSE-
DO-COQUEIRO NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE PISTAS RELACIONADAS AO
ALIMENTO

ABSTRACT – Ambulatory movement of plant-feeding mites sets limits to the distances they can cover to reach a new food source. In absence of food-related cues these limits are determined by survival, walking activity, walking path tortuosity and walking speed, whereas in presence of food the limits are also determined by the ability to orient and direct the path towards the food source location. For eriophyoid mites such limits are even more severe because they are among the smallest mites on earth, because they have only two pairs of legs and because they are very sensitive to desiccation. In this article we test how coconut mites are constrained in their effective displacement by their ability to survive in absence of food and by their ability to walk and orient in absence or presence of food-related cues. We found that under climatic conditions representative for the Tropics (27 °C and 75% RH) mites survived on average for 11 hours and covered 0.4 m, representing the effective linear displacement away from the origin. Within a period of 5 hours, mites collected from old fruits outside the perianth moved further away from the origin than mites collected under the perianth of young fruits. However, in the presence of food-related cues mites traveled over 30% larger distances than in absence of these cues. These results show that ambulatory movement of mites may well bring them to other coconuts within the same bunch and perhaps also to other bunches on the same plant, but it is unlikely to help them move from plant to plant.

KEY WORD: Dispersal, *Aceria guerreronis*, survival, walking ability, food orientation

Introdução

Desde a descrição do ácaro do coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Keifer 1965) (Acari: Eriophyidae), tem-se considerado esta espécie como uma das pragas mais sérias de coqueiros nas Américas, África e partes da Ásia (Moore & Howard 1996, Seguni 2002, Lawson-Balagbo *et al.* 2008). O ácaro do coqueiro é uma planta de alimentação altamente especializada e é conhecida por sua estrita associação com Arecaceas (Flechtmann 1989, Santana & Flechtmann 1998, Gondim Jr. *et al.* 2000, Navia & Flechtmann 2002, Ramaraju & Rabindra 2002, Ansaloni & Perring 2004, Navia *et al.* 2007). O ácaro alimenta-se do tecido meristemático sob o perianto dos frutos do coqueiro, e está protegido pelas brácteas florais. O dano se torna visível como cicatrizes superficiais durante os estágios iniciais do desenvolvimento do fruto, e pode, eventualmente, resultar na sua queda prematura (Moore & Howard 1996). Se não abortar, os frutos atacados por *A. guerreronis* têm o peso, tamanho, quantidade de albúmem sólido e líquido reduzidos (Negloh *et al.* 2011). A perda econômica estimada pode chegar a até 60% da safra de potencial (Moore 2000).

O ácaro do coqueiro é limitado em mobilidade ambulatorial pelo seu tamanho diminuto e reduzido número de pernas. No entanto, eles são forçados a se mover ao enfrentar condições de redução da qualidade e quantidade do alimento, ou acessibilidade do alimento, que reduz com o aumento do teor de lignina (Galvão *et al.* 2012), o que também pode ocorrer quando o ácaro enfrenta condições de competição intraespecífica (Huffaker *et al.* 1969, Howard *et al.* 1990, Sabelis & Bruin 1996), aumento da competição com outras espécies de ácaros que se alimentam no perianto do fruto (*Steneotarsonemus* spp.) (Lawson-Balagbo *et al.* 2007) e maior risco de predação (Lesna *et al.* 2004, Lawson-Balagbo *et al.* 2007, Galvão *et al.* 2011a). Assim, o fruto pode representar um ambiente altamente dinâmico para o ácaro do coqueiro e isto requer a percepção sensorial de mudanças destes micro-ambiente e respostas de adequadas de

movimentação (dispersão). Durante a migração deste ácaro para novos frutos é grande o risco de morte por desidratação ou de predação por ácaros Mesostigmatas encontrados predominantemente fora do perianto, como *Amblyseius largoensis* Muma, *Euseius alatus* De Leon, *Proctolaelaps bickleyi* Bram e *Proctolaelaps bulbosus* Moraes, Reis & Gondim Jr. (Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Galvão *et al.* 2011b, Lima *et al.* 2012).

Apesar da importância de *A. guerreronis* como praga em todo o mundo, muito pouco se sabe sobre sua dispersão. Acredita-se que os ácaros do coqueiro deslocam-se sobre a superfície do coqueiro de cachos mais velhos (frutos infestados) para os mais jovens (frutos não-infestados) através das espiguetas que podem servir como uma ponte entre os cachos (Griffith 1984, Moore & Alexander 1987, Sumangala & Haq 2005, Galvão *et al.* 2012, Melo *et al.* 2012). Espiguetas de diferentes cachos podem tocar umas nas outras pela força do vento ou ao se dobrarem devido ao peso dos frutos. Acredita-se que para cobrir longas distâncias os ácaros do coqueiro usem a dispersão aérea. Dispersão aérea ocorre principalmente à noite (Moore & Alexander 1987, Galvão *et al.* 2012), e envolve fêmeas inseminadas (Moore & Howard 1996). As correntes de ar podem transportar os ácaros para cachos ou para as folhas mais verticais na coroa, a partir do qual elas podem cair para novos cachos de coco (Moore & Howard 1996). Apesar de coqueiros representarem um grande alvo (devido à altura e também por ter várias estruturas, tais como folhas, espiguetas, raque e cachos) para organismos que se dispersão pelo vento, a mortalidade associada a este processo de dispersão é provavelmente muito elevada (Moore & Alexander 1987, Moore & Howard 1996) e a probabilidade de chegar em um fruto é provavelmente muito baixa.

Neste trabalho foi estudada a dispersão por caminamento de *A. guerreronis* em duas situações: uma em que o ácaro não tem opção para responder à presença de alimentos ou se orientar através de pistas que estão relacionados à alimentação, e outra onde existem pistas relacionadas com os alimentos. A possibilidade do ácaro atingir uma fonte alimentar depende da

distância percorrida por ele durante a vida. Em poequilotérmicos, a sobrevivência e os movimentos são geralmente afetados pela temperatura, que limita a taxa de processos metabólicos, e pela umidade, que determina o balanço hídrico. Por esta razão, realizou-se experimentos (1) para avaliar a sobrevivência do ácaro e (2) para determinar a eficácia do movimento via caminhar sob diferentes condições (temperatura e umidade relativa) comuns em ambientes tropicais. A eficiência de deslocamento é definida pela razão entre a distância entre a origem e o ponto final alcançado dentro de um dado período de tempo (mais conhecido como deslocamento linear) e o comprimento do percurso real coberto nesse período. Assim, quanto mais sinuoso for o caminho, mais lenta é a velocidade e mais longo o tempo despendido em repouso, e menor é a eficiência de deslocamento. Também se realizou um teste para determinar como o deslocamento linear pode ser modificado quando pistas relacionadas com os alimentos são oferecidos.

Material e Métodos

Coleta de A. guerreronis e frutos de coco não infestados

Frutos de *C. nucifera* infestados com *A. guerreronis* foram coletados na ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco (07° 46 'S, 34° 52'W). Os frutos foram transportados para o laboratório e mantidos em condições controladas ($27 \pm 1,0$ °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa [UR] e fotofase de 12 horas). Os ácaros utilizados nos experimentos foram coletados a partir de frutas que tinham sido armazenados no máximo durante cinco dias. Para obter frutos não infestados, o procedimento descrito por Melo *et al.* (2011) foi adotada para minimizar a chance de utilizar erroneamente frutos pouco infestados como frutos não infestados. Este processo envolveu a observação do perianto de frutos coletados de plantas aparentemente não infestadas. Os cachos foram levados para o laboratório, onde 10% dos frutos foram examinados quanto à possível presença de ácaros

no perianto e brácteas, utilizando-se um estereomicroscópio. A análise foi efectuada com as brácteas removidas, bem como sobre a superfície subjacente dos frutos. Frutos não infestados para este estudo foram tomados apenas a partir de cachos que não tinham frutos infestados na amostra examinada em laboratório.

Efeito da temperatura sobre a sobrevivência de A. guerreronis fora do hospedeiro

Lâminas de microscópio com duas cavidades (15 mm de diâmetro) foram utilizadas como unidades experimentais. Três fêmeas adultas de idade desconhecida foram transferidas, a partir de frutos infestados, para cada uma das duas cavidades. Para impedir a fuga dos ácaros, cada cavidade foi fechada com adesivos (Bandeja para bioensaios com 16 células, Bio-Serv, Frenchtown, NJ) fornecidos com 8 pequenas perfurações para permitir a troca de ar (à prova de fuga de ácaros). As lâminas foram colocadas em incubadoras a 18, 21, 24, 27, 30 ou 33 °C e 75% de humidade relativa sob as condições de um 12:12 (L:D) de fotoperíodo. Os dados climáticos foram registrados com registradores HOBO a cada 5 min. Em cada temperatura, 30 ácaros foram testados, utilizando 5 lâminas com duas cavidades. Os ácaros mortos foram contados a cada hora até que não existiam ácaros vivos. Os ácaros foram considerados mortos quando não havia movimento do corpo e das pernas. Todo o ensaio foi repetido 3 vezes, cada um em dia diferente.

Efeito da umidade relativa na sobrevivência de A. guerreronis fora do hospedeiro

Este procedimento foi semelhante ao anterior, excepto que as lâminas foram colocadas num dessecador (9 litros) dentro incubadoras, à mesma temperatura (27 °C) e fotoperíodo, mas com diferentes níveis de humidade relativa (10, 25, 40, 75 ou 95% UR). O ajuste da humidade relativa foi efectuada utilizando sílica gel ou água (Tabela 1). Os dados climáticos foram registrados através de registradores a cada 5 min. Ácaros mortos foram contados a cada 2 horas, até que não houvesse mais ácaros vivos. Os ácaros foram considerados mortos quando não havia movimento do corpo e das pernas. O ensaio todo foi repetido 3 vezes, em dias diferentes.

Estimativa da caminhada percorrida por A. guerreronis

O deslocamento locomotor foi observada em 4 cm² de área sobre uma lâmina de microscópio com o auxílio de um sistema de monitoramento de vídeo (Life Sciences ponto de vista, Montreal, Quebec, Canadá) a 27 °C e 75% de umidade relativa. A arena experimental foi delimitada por fita adesiva para impedir a fuga dos ácaros. Uma fêmea adulta foi transferida de frutos para o centro da unidade experimental. O movimento foi registrado por 10 minutos na arena e as coordenadas foram digitalmente armazenados em computador usando o Viewpoint. Vinte ácaros foram testados, cada um sobre uma lâmina diferente. Uma repetição foi descartada porque o ácaro deixou a arena experimental e caminhou sobre a fita adesiva. A uma curta distância D_{tw} (distância percorrida ao longo do caminho), a velocidade média de caminhada e descanso foram estimados para cada ácaro pelo software. Para cada ácaro, o deslocamento D_l linear (distância linear entre o ponto inicial e final) foi medido a partir do caminho gerado pelo Viewpoint (output-desenho) e com o auxílio do software Motic Image (Motic China Group, Xiamen, China). A eficácia do deslocamento E foi calculada como a relação entre o deslocamento linear (D_l em m) e a distância média percorrida ao longo do percurso (D_{tw} em m), na fórmula: $E = D_l / D_{tw}$. Assim, a eficácia E representa uma medida da sinuosidade do percurso caminhado.

Para determinar o quão longe o ácaro do coqueiro pode mover-se caminhando ao longo de sua vida, na ausência de alimentos e pistas relacionadas com os alimentos, o D_l foi estimado para os tempos médios de sobrevivência (T_s em h) medidos em diferentes temperaturas constantes (18, 21, 24, 27, 30 e 33 °C, todos de 75% de umidade relativa), utilizando as equações:

$$(i) D_{tw} = T_s v_w A;$$

$$(ii) D_l = D_{tw} E$$

Aqui, v_w é a velocidade média de caminhamento (m·h⁻¹), A é a fração de tempo gasto andando e E representa uma medida de sinuosidade do caminhamento, todos medidos a 27° C e

75% de umidade relativa. Assim, os efeitos da temperatura são somente levados em conta, na medida em que dizem respeito à sobrevivência.

Experimentos de liberação-recaptura

Inicialmente foi testado se a capacidade de dispersão muda com a idade ou o estado do fruto do coqueiro. Isso foi feito através da medição do deslocamento linear de ácaros previamente recolhidas sob o perianto tanto de frutos jovens (cerca de 2 meses de idade) ou frutos velhos (cerca de 6 meses de idade). Posteriormente, testou-se a capacidade de dispersão aumenta na presença de sinais relacionados com os alimentos. Isto foi feito através da medição do deslocamento linear da dispersão de ácaros (ácaros previamente recolhidos no exterior do perianto de 6 meses de idade, que continham também ácaros predadores que podem esimular a dispersão da praga), na presença ou ausência de sinais relacionados com os alimentos (produtos químicos voláteis que emana de frutos infestados ou não infestados fora da arena experimental).

O procedimento experimental foi o mesmo para os dois experimentos. Cinco fêmeas adultas de idade desconhecida foram recolhidas, e colocadas no centro da arena, constituída por uma folha de papel preto (96 x 66 cm). Estes ácaros não foram marcados e, assim, os indivíduos não podem ser rastreados por suas trilhas individualmente. Para a experiência com sinais relacionados com o alimento, dois frutos não infestados foram colocados em cada extremidade da folha. Após a liberação, os ácaros foram se dispersando. Após 1 h da liberação, o papel preto foi verificado para marcação da localização dos ácaros, sendo o mesmo feito a cada hora durante o período de 5 horas, que representa metade do tempo de sobrevivência para os ácaros nessas condições. Para cada ácaro, a distância linear do ponto de liberação foi marcada. Foram realizados seis ensaios repetidos, cada um com um conjunto diferente de ácaros e frutos, como fonte de sinais relacionados ao alimento.

Análises estatísticas

Os dados dos bioensaios de sobrevivência foram analisados através do procedimento não-paramétrico LIFETEST de SAS (SAS Institute 2002), em que as curvas de sobrevivência são obtidas usando estimadores de Kaplan-Meier comparadas pelo teste de log-rank. Os tempos de sobrevivência obtidos a cada temperatura ou umidade relativa foram submetidos a 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, 2002). A distância percorrida pelos ácaros coletadas de frutos jovens e velhos e para os ácaros de frutos velhos liberados na presença e na ausência de pistas relacionadas com os alimentos foram comparados por um teste t (método de Satterthwaite: variâncias desiguais), utilizando o Proc TTEST (SAS Institute 2002).

Resultados

Efeito da temperatura sobre a sobrevivência de A. guerreronis fora do hospedeiro

A taxa de sobrevivência dos ácaros fora do hospedeiro diminuiu com o aumento dos níveis de temperatura de 18 °C a 33 °C ($\chi^2 > 6,8011$, g.l. = 1, P < 0,0091), mas não foi significativamente diferente entre as temperaturas de 18, 21 e 24 ° C ($\chi^2 < 2,6006$, g.l. = 1, P > 0,1068). Os ácaros sobreviveram no máximo 11 horas a 33 °C e 28 horas a 18 °C (Fig. 1). A regressão do tempo de sobrevivência em diferentes temperaturas diminui significativamente com o aumento da temperatura (Tabela 2; slope = -0,51, P < 0,0001) (Fig. 2).

Efeito da umidade relativa na sobrevivência de A. guerreronis fora do hospedeiro

A taxa de sobrevivência dos ácaros fora do hospedeiro aumentou entre 10 e 95 % de umidade relativa (27 °C) ($\chi^2 > 4,0039$, g.l. = 1, P < 0,0454), mas não foi significativamente diferente entre 10 e 25% UR ($\chi^2 < 1,9286$, g.l. = 1, P > 0,1649). Os ácaros sobreviveram no máximo 12 horas a 10% de UR e 34 horas a 95% de UR (Fig. 3). A regressão do tempo de

sobrevivência aumenta significativamente com o aumento da umidade relativa do ar (Tabela 2; slope = 0,06, $P < 0,0001$) (Fig. 4).

Estimativa da caminhada percorrida por A. guerreronis

A distância média percorrida pelo ácaro em 10 min foi de $135,2 \pm 7,06$ milímetros. O tempo de repouso foi $139,4 \pm 12,58$ s fora do período de observação de 10 min. A velocidade média de caminhamnto foi estimada em $0,29 \pm 0,009$ milímetros \cdot s⁻¹ ($1,04 \pm 0,07$ m \cdot h⁻¹). Um caminamento do ácaro representativo é mostrado na Figura 5 para ilustrar que os caminhos mostram alto grau de sinuosidade. A eficácia de deslocamento (sinuosidade do trajeto curto) foi calculada como sendo de 0,05, o que significa que a distância linear coberto de origem até ao ponto final, representam 5% do percurso total. Os caminhos se apresentaram muito snuosos. Eles se assemelham a uma espiral e isso vai reduzir muito a eficácia do deslocamento linear. O deslocamento linear média foi de $0,76 \pm 0,11$ milímetros em 10 minutos. Os ácaros mudaram aproximadamente duas vezes o seu comprimento do corpo dentro do tempo determinado. A Figura 6 mostra as estimativas das mudanças de deslocamento linear em diferentes temperaturas (18-33 °C), quando é considerado apenas o efeito da temperatura no tempo de sobrevivência (não foi considerada a velocidade de camihamento e a fração do tempo gasto no caminamento). Isto mostra que a distância percorrida pelos ácaros variou de 557 milímetros a 18 °C e 211 mm a 33 °C.

Experimentos de liberação-recaptura

Em cada uma das duas séries de experimentos, todos os ácaros foram recapturados no final das observações (após 5 h), e nenhum deles atingiu a borda do papel (96 x 66 cm) dentro do tempo determinado. Ácaros coletados fora do perianto de frutos velhos percorreram distâncias maiores ($172,0 \pm 16,9$ milímetros dentro de 5h) do que ácaros coletados sob o perianto de frutos jovens ($129,1 \pm 8,5$ mm) ($t_{55,8} = 2,05$, $P = 0,04$) (Fig. 7A). Ácaros percorreram distâncias maiores

na presença de sinais relacionados com os alimentos ($169,8 \pm 16,7$ mm para dentro 5h) do que na ausência de sinais relacionados com os alimentos ($125,8 \pm 11,7$ mm em 5 horas). Estas diferenças não detectadas na primeira hora após o início da experimentação porém em todas as demais avaliações foram detectadas ($t_{51,8} > 2,15$, $P < 0,03$) (Fig. 7B).

Discussão

Neste estudo verificou-se que (1) a alta temperatura e baixa umidade reduziram a sobrevivência dos ácaros fora da planta hospedeira; (2) sob condições climáticas representativas para os trópicos (27 °C e 75% UR), os ácaros sobreviveram em média 11 horas, e percorreram $0,5$ m linear a partir da origem; (3) a capacidade de dispersão é dependente da idade e do estado do fruto do coqueiro dos quais os ácaros são obtidos; e (4) a capacidade de dispersão do ácaro aumentada na presença de sinais relacionados com os alimentos.

Ao sair do perianto, os ácaros tem que encontrar novos frutos, e eles podem fazer isso por caminhamento, por dispersão aérea ou forésia. Se eles caminham, podem encontrar novos frutos no mesmo cacho, ou mesmo de outro caho da mesma plantaentre, mas apenas quando as espiguetas formarem pontes entre estes diferentes cachos. A capacidade do ácaro de caminhar entre frutos infestados e não infestada ligados por espiguetas foi demonstrada em experiências de laboratório por Galvão et al. (2012). Neste estudo, aproximadamente 60% dos frutos não infestadas foram colonizadas pelos ácaros dentro de 24 horas, mas apenas quando a distância entre os frutos era de até 20 cm entre eles. Contudo, como demonstrado neste estudo, às condições ambientais define limites para o tempo disponível para o ácaro encontrar um novo fruto. O ácaro do oqueiro não tem características especiais que lhes permitem lidar com condições adversas (ou seja, produção de cera, redução de anelações ou formação de tergites). Sob condições realistas, a presença de várias estruturas do coqueiro (por exemplo, folhas, espiguetas, ráquis das folhas e

cachos) pode criar um micro-clima mais ameno, aumentando assim as hipóteses de sobrevivência do ácaro fora do perianto. É ainda possível que *A. guerreronis* obtenha fluidos a partir de tais estruturas, promovendo assim a sua sobrevivência fora do perianto.

Embora a cutícula ácaros é relativamente resistente à perda de água (Evans 1992), o tempo de sobrevivência de ácaros em ambientes onde a absorção de água é limitada seria esperado que diminuísse com a diminuição da humidade ambiente (Frost 1997). Como foi demonstrado no presente estudo, *A. guerreronis* sobrevive, em média, 11h antes da morte a 27 °C e 75% de umidade relativa. Este dado é importante, quando se percebe que tais condições climáticas são frequentemente observadas em regiões tropicais e subtropicais e que isso define um máximo de tempo para que o ácaro tenha que localizar uma nova planta hospedeira. Sob estas condições, o deslocamento linear eficaz estimada para o ácaro foi de 0,4 (0,3-0,5) m por caminhar, embora a distância real percorrida é muito maior, porque os ácaros se movem caminhando em forma de espirais.

O presente estudo demonstrou que a capacidade de dispersão é alterada com a idade do fruto. Ácaros coletados fora do perianto em frutos velhos cobrem distâncias maiores caminhando que ácaros coletados sob o perianto de frutos jovens. Alguns autores relataram que ácaros podem se envolver em uma fase de dispersão ativa que lhes permitem deixar uma fonte alimentar (esgotado ou não) e encontrar uma nova em outros lugares (Brandenburg & Kennedy 1982, Smitley & Kennedy 1985). Possíveis estímulos para a migração de ácaros de frutos velhos são: (1) a qualidade inferior ou acessibilidade de alimentos em frutos velhos (Galvão *et al.* 2011a), (2) a competição intra ou inter-específica mais elevada em frutos velhos (Huffaker *et al.* 1969, Howard *et al.* 1990, Sabelis & Bruin 1996, Lawson-Balagbo *et al.* 2007) e (3) maior número de inimigos naturais em frutos velhos (Lawson-Balagbo *et al.* 2007k, Galvão *et al.* 2011a, Lima *et al.* 2012). Além disso, também foi demonstrado que os ácaros aumentam a capacidade de

dispersão na presença de sinais relacionados com os alimentos. Visser (1986) relatou que o comportamento de busca de herbívoros consiste de uma sequência de respostas comportamentais a uma variedade de estímulos associados com as plantas hospedeiras e não hospedeiras. Em geral, os herbívoros são equipados com receptores sensoriais que lhes permitem perceber estes estímulos. Estímulos de plantas envolvidas incluem, em diferentes proporções, características que podem ser percebidas por sensores visuais, mecânicos, gustativos e olfativos (Staedler 1976). No entanto, de acordo com Lindquist & Oldfield (1996) os ácaros Eriophyoidea não apresentam um mecanismo de localização do hospedeiro claro. Por outro lado, um estudo recente realizado pela Skoracka *et al.* (2007) demonstrou-se que após o contato com plantas hospedeiras potenciais, um Eriophyoidea (*Abacarus hirsti* (Nalepa)) pode distinguir rapidamente entre uma série de hospedeiros desconhecidos. No reconhecimento dos hospedeiros, os ácaros não estavam ativos e mostrou pouca tendência a se mover. Considerando que, sobre plantas não hospedeiras os ácaros foram mais ativos e móveis, gastando mais tempo caminhando sobre toda a superfície da planta, mostra-se uma tendência de dispersão. Os experimentos aqui apresentados de liberação-recaptura sugerem que o ácaro pode ser capaz de detectar odores emitidos por frutos, e aumenta a velocidade de caminhar ou de se mover na direção deles.

Neste trabalho é apresentado que o movimento ambulatório de *A. guerreronis* pode muito bem levá-los a outros frutos dentro do mesmo cacho, e talvez também para outros cachos da mesma planta, mas é pouco provável que o caminhar possibilite que os ácaros passem de uma planta para outra, uma vez que as plantas normalmente não se tocam, especialmente em plantações comerciais. No entanto, os ácaros também podem usar meios ambulatoriais para se deslocar para locais adequados (topos ou extremidades de estruturas de plantas) para a dispersão aérea ou até mesmo para encontrar veículos para dispersão por forésia. Tanto a dispersão pelo vento e como vetores permitem que o ácaro cubra longas distâncias, e após a “aterrizagem” em

um hospedeiro a sua baixa mobilidade ambulatorial obriga-os a decidir se permanecem ou “embarcam” em outra viagem a longas distâncias. Dispersão aérea é considerada a principal estratégia de dispersão a longa distância para o ácaro do coqueiro (Moore & Alexander 1987, Sumangala & Haq 2005, Galvão *et al.* 2012). No entanto, quando ácaros especialistas se dispersam pelo vento, a probabilidade de chegar a um hospedeiro adequado é muito baixa e tem sido demonstrado que a dispersão passiva restringe grandemente a evolução da especialização (Sabelis & Bruin 1996). A especialização parece ser a regra em ácaros Eriophyoidea, pode-se esperar, portanto, que eles tenham formas mais eficientes de dispersão a longas distâncias e dispersão dirigida, como por forésia sobre artrópodes específicos ou acidentais através de aves (Sabelis & Bruin 1996). No entanto, o uso de “vetores” pelo ácaro do coqueiro não foi demonstrado até o momento (Galvão *et al.* 2012).

Como uma alternativa para evitar o risco de elevada taxa de mortalidade durante a dispersão, propõe-se que o ácaros do coqueiro possam permanecer, reproduzir e sobreviver nas plantas hospedeiras, fazendo com que suas populações persistam ao longo das mudanças fenológicas das plantas hospedeiras. Para o ácaro do coqueiro permanecer na planta hospedeira não significa morrer com o hospedeiro, porque o ácaro do coqueiro não é prejudicial o suficiente para matar as plantas adultas. Esta é uma nova hipótese que exige testes em condições naturais. Esta hipótese não exclui outras hipóteses de dispersão a longa distância (dispersão aérea ou foresia), mas até que ponto qualquer uma destas hipóteses explica a dispersão em campo ainda precisa ser determinado com experimento a longo prazo.

Agradecimentos

Agradecemos a Dra. Izabela Lesna pela crítica avaliação do manuscrito. O presente estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq –

MCTI nº 14/2012 (Proc. 472713/2012-4)] do governo do Brasil. O pesquisador J.W.S. Melo recebeu bolsa de formação (Doutorado e Doutorado sanduiche) pelo CNPq [MCT nº 70/2009 (Proc. 147462/2010-0) e SWE/CSF (Proc. 202488/2011-0)].

Literatura citada

- Ansaloni, T. & T.M. Perring. 2004.** Biology of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) on queen palm, *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae). *Internat. J. Acarol.* 30: 63-70.
- Brandenburg, R.L. & G.G. Kennedy. 1982.** Intercrop relationships and spider mite dispersal in a corn/peanut agro-ecosystem. *Entomol. Exp. Appl.* 32: 269-276.
- Evans, G.O. 1992.** Principles of Acarology. CAB International, Cambridge.
- Flechtmann, C.H.W. 1989.** *Cocos weddelliana* H. Wendl. (Palmae: Arecaceae), a new host plant for *Eriophyes guerreronis* (Keifer, 1965) (Acari: Eriophyidae) in Brazil. *Internat. J. Acarol.* 15: 241-241.
- Frost, W.E. 1997.** Polyphenic wax production in *Abacarus hystrix* (Acari: Eriophyidae) and implications for migratory fitness. *Physiol. Entomol.* 22: 37-46.
- 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 within coconut bunches in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 54: 373-384.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2011b.** Life history of *Proctolaelaps bulbosus* feeding on the coconut mite *Aceria guerreronis* and other possible food types occurring on coconut fruits. *Exp. Appl. Acarol.* 53: 245-252.
- 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.
- Gondim Jr, MGC, C.H.W. Flechtmann & G.J. Moraes. 2000.** Mite (Arthropoda: Acari) associates of palm (Arecaceae) in Brazil. IV. Descriptions of four new species in the Eriophyidae. *Syst. Appl. Acarol.* 5: 99-110.
- Howard, F.W., E. Abreu-Rodriguez & H.A. Denmark. 1990.** Geographical and seasonal distribution of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), in Puerto Rico and Florida, USA. *J. Agric. Univ.* 74: 237-251.
- Huffaker, C.B., M.J. Van de Vrie & J.A. McMurtry. 1969.** The ecology of Tetranychidae mites and their natural control. *Annu. Rev. Entomol.* 14: 125-174.

- Keifer, H.H. 1965.** Eriophyid studies B-14. California Department of Agriculture, Bureau of Entomology, 20 pp.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2007.** 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 enemies. *Bull. Ent. Res.* 98: 83-96.
- Lesna, I., C.G.M. Conijn & M.W. Sabelis. 2004.** From biological control biological insight; rust-mite induced change in bulb morphology, a new mode of indirect plant defense. *Phytophaga* 14: 285-291.
- 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.
- Lindquist, E.E. & C.N. Oldfield. 1996.** Evolution and Phylogeny: Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plant. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin (eds) *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*, World Crop Pest , vol 6. Elsevier, Amsterdam, pp 277-300.
- 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.
- Moore, D. 2000.** Non-chemical control of *Aceria guerreronis* on coconuts. *Biocontrol News Inf.* 21: 83-87.
- Moore, D. & L. Alexander. 1987.** Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). *Bull. Ent. Res.* 77: 641-650.
- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin (eds) *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam, pp 561-570.
- Navia, D. & C.H.W. Flechtmann. 2002.** Mite (Arthropoda: Acari) associates of palms (Arecaceae) in Brazil: VI. New genera and new species of Eriophyidae and Phytoptidae (Prostigmata: Eriophyoidea). *Internat. J. Acarol.* 28: 121-146.

- Navia, D., M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2007.** Eriophyoid mites (Acari: Eriophyoidea) associated with palm trees. *Zootaxa* 1389: 1-30.
- 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.
- Ramaraju, K. & R.J. Rabindra. 2002.** Palmyra, *Borassus flabellifer* L. (Palmae): a host of the coconut eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer. *Pest. Manag. Hort. Ecosyst.* 7: 149-151.
- Sabelis, M.W. & J. Bruin. 1996.** Evolutionary ecology; life history patterns, food plant choice and dispersal. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin (eds) *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control.* Elsevier, Amsterdam, pp 329-366.
- SAS Institute. 2001.** SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Santana, D.L.Q. & C.H.W. Flechtmann. 1998.** Mite (Arthropoda: Acari) associates of palms (Arecaceae) in Brazil. I. Present status and new records. *Rev. Bras. Zool.* 15: 959-963.
- Skoracka, A., L. Kuczyński & B.G. Rector. 2007.** Divergent host acceptance behaviour suggests host specialization in populations of the polyphagous mite *Abacarus hystrix* (Acari: Prostigmata: Eriophyoidea). *Environ. Entomol.* 36: 899-909.
- Seguni, Z. 2002.** Incidence, distribution and economic importance of the coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tanzanian coconut based cropping systems. In: Fernando LCP, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds) *Proceedings of the international workshop on coconut mite (Aceria guerreronis).* Coconut Research Institute, Sri Lanka, p 54-57.
- Smitley, D.R. & G.G. Kennedy. 1985.** Photo-oriented aerial-dispersal behaviour of *Tetranychus urticae* (Acari, Tetranychidae) enhances escape from the leaf surface. *Ann Entomol Soc America* 78: 609-614.
- Staedler, E. 1976.** Sensory aspects of insect plant interactions. *Proc XV Int. Congr. Entomol.*, Washington DC, p 228-48
- Sumangala, K. & M.A. Haq. 2005.** Diurnal periodicity and dispersal of Coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer. *J. Ent. Res.* 29: 303-307.
- Visser, J.H. 1986.** Host odour perception in phytophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 121-144.

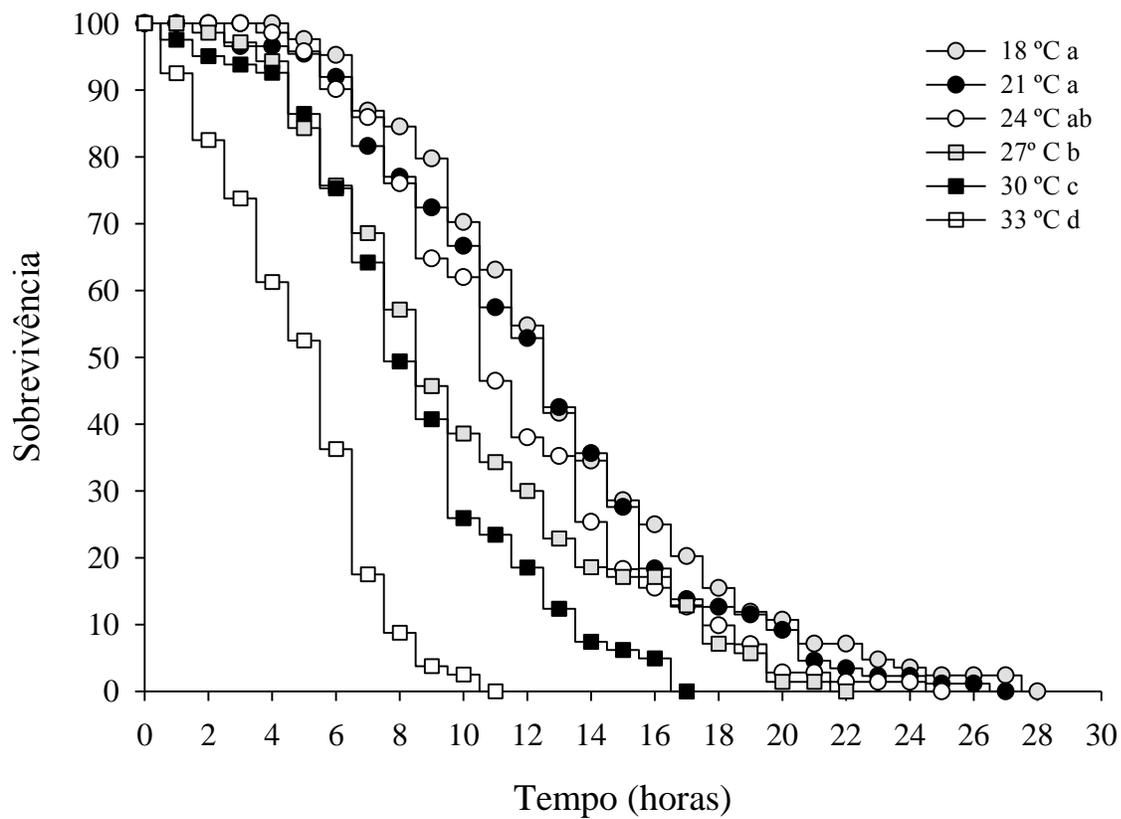


Figura 1. Curva de sobrevivência de fêmeas adultas de *Aceria guerreronis* fora do hospedeiro em diferentes temperaturas. Letras diferentes indicam que as médias são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade (teste de Chi-quadrado).

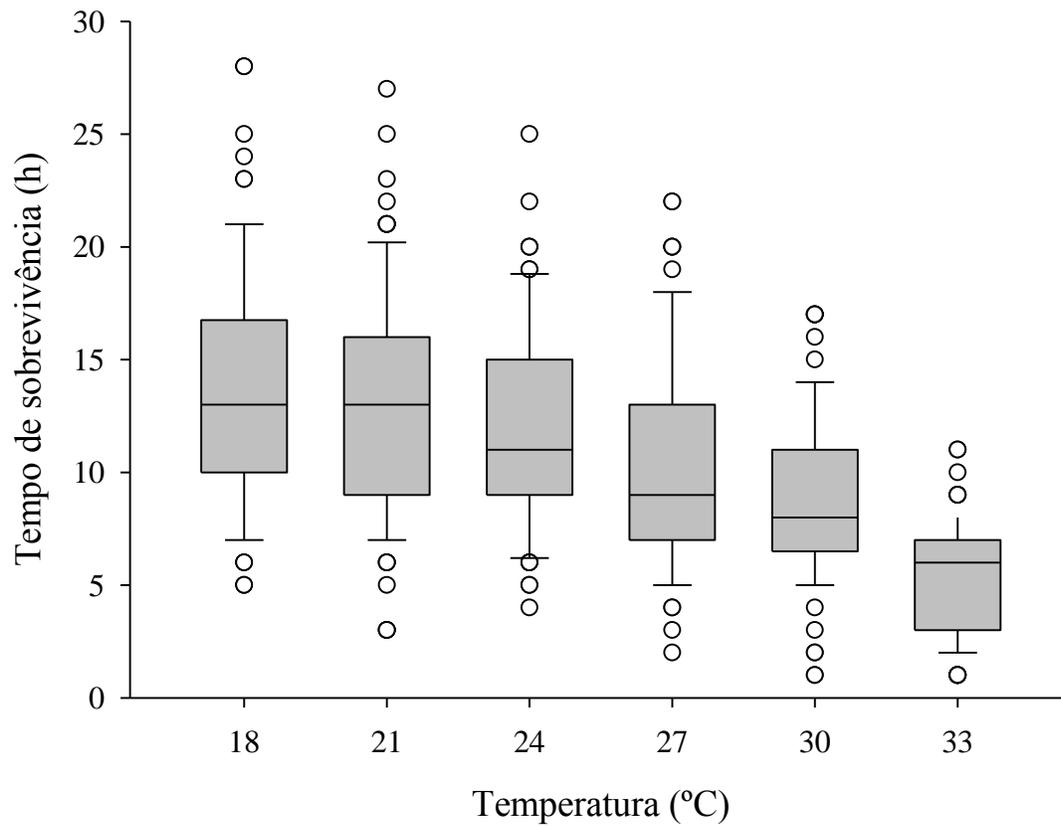


Figura 2. Efeito da temperatura no tempo de sobrevivência de fêmeas adultas de *Aceria guerreronis* fora do hospedeiro.

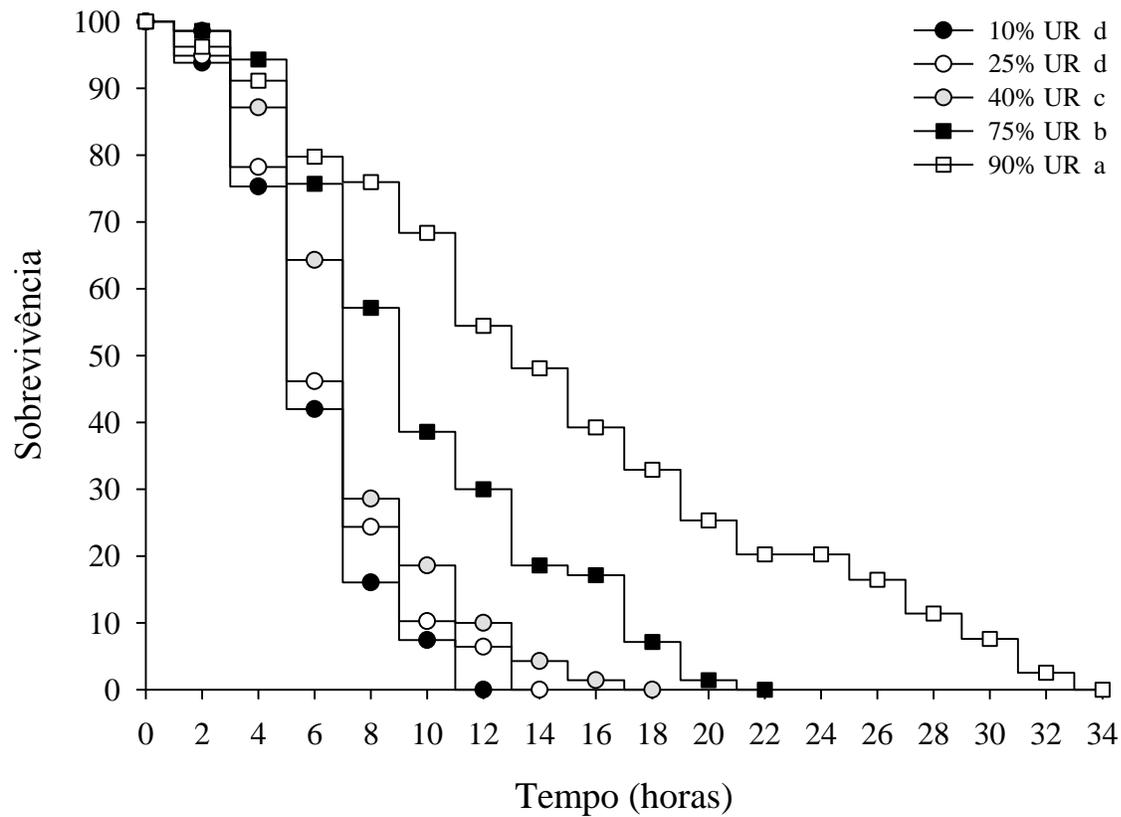


Figura 3. Curva de sobrevivência de fêmeas adultas de *Aceria guerreronis* fora do hospedeiro em diferentes umidades relativas. Letras diferentes indicam que as médias são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade (teste de Chi-quadrado).

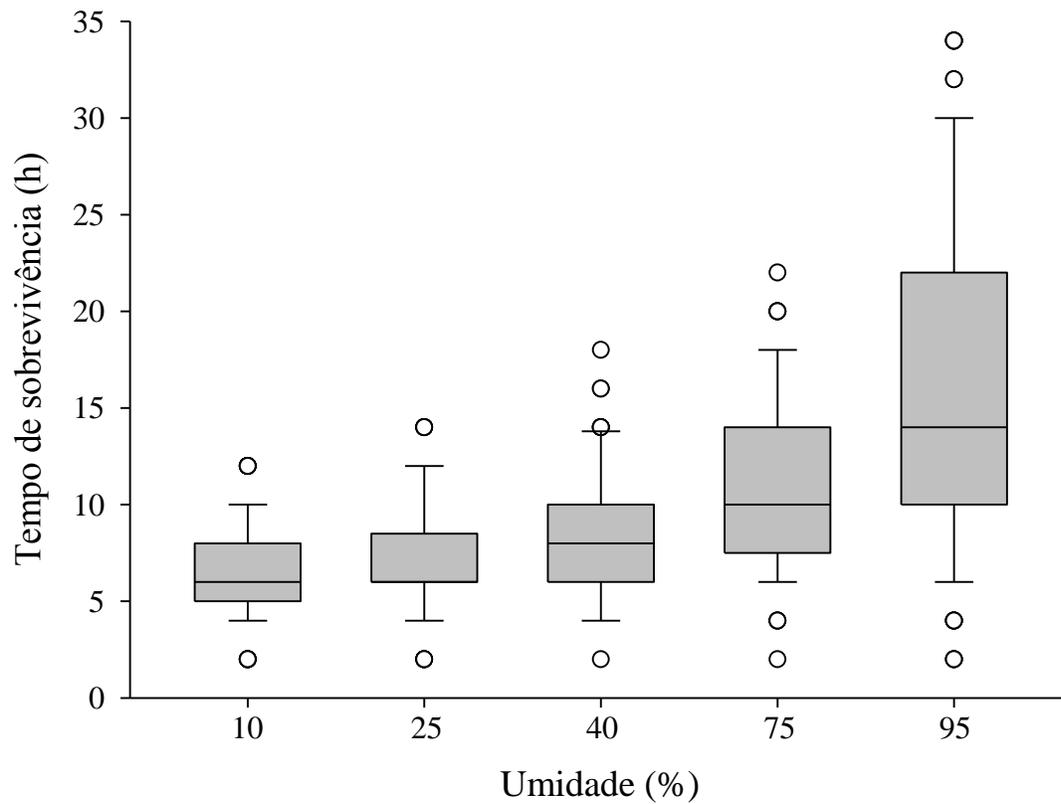


Figura 4. Efeito da umidade no tempo de sobrevivência de fêmeas adultas de *Aceria guerreronis* fora do hospedeiro.

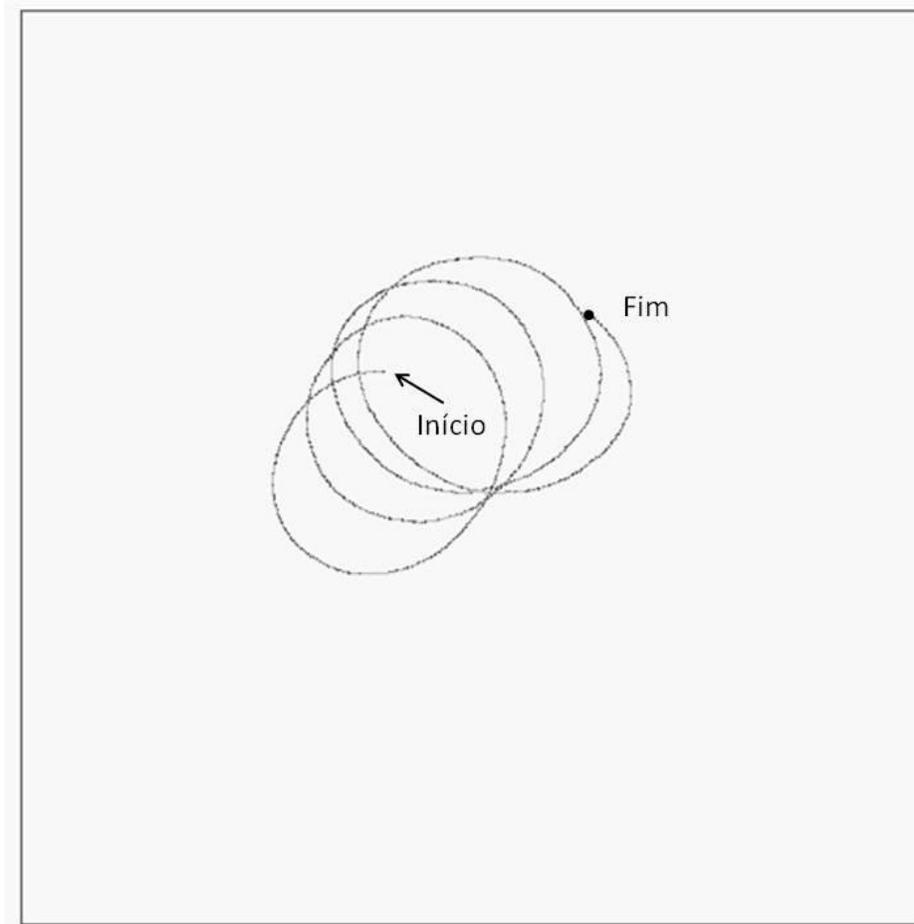


Figura 5. Trajeto representativo mostrando o movimento individual de *Aceria guerreronis* na ausência de alimento, durante um período de 10 min em uma lâmina para microscopia (4 cm²).

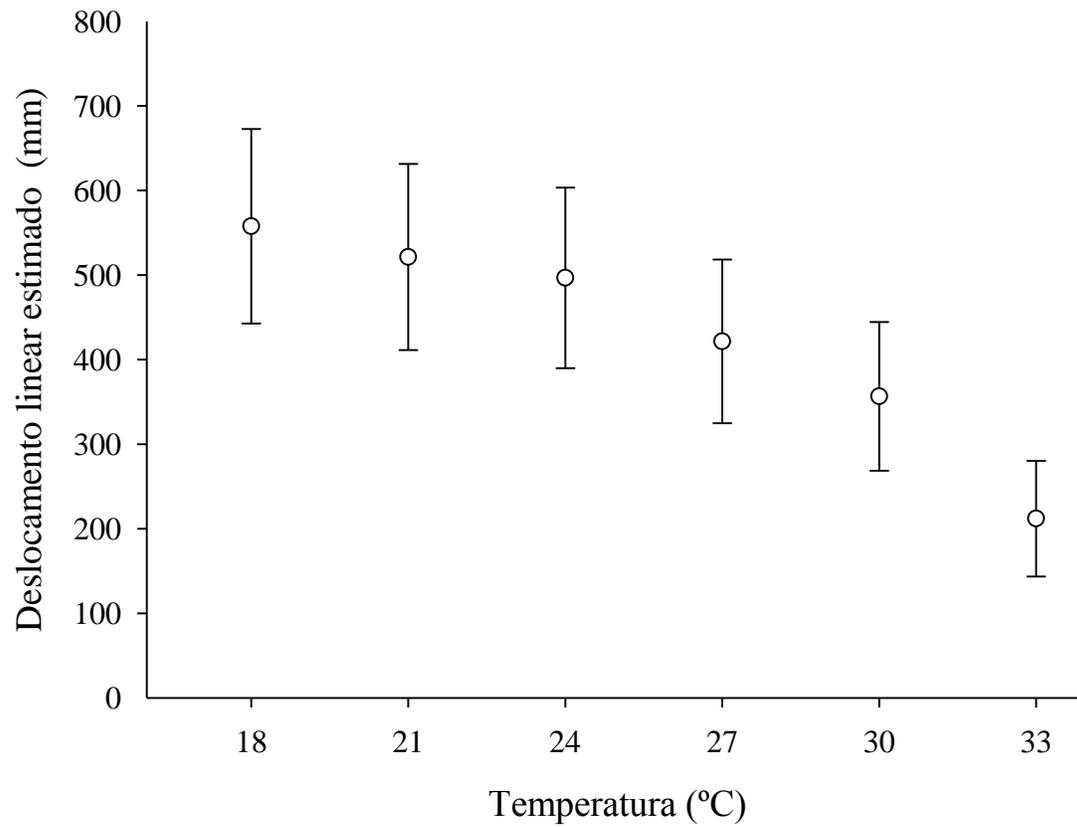


Figura 6. Deslocamento linear estimado de *Aceria guerreronis* fora do hospedeiro ao longo de sua vida em diferentes temperaturas.

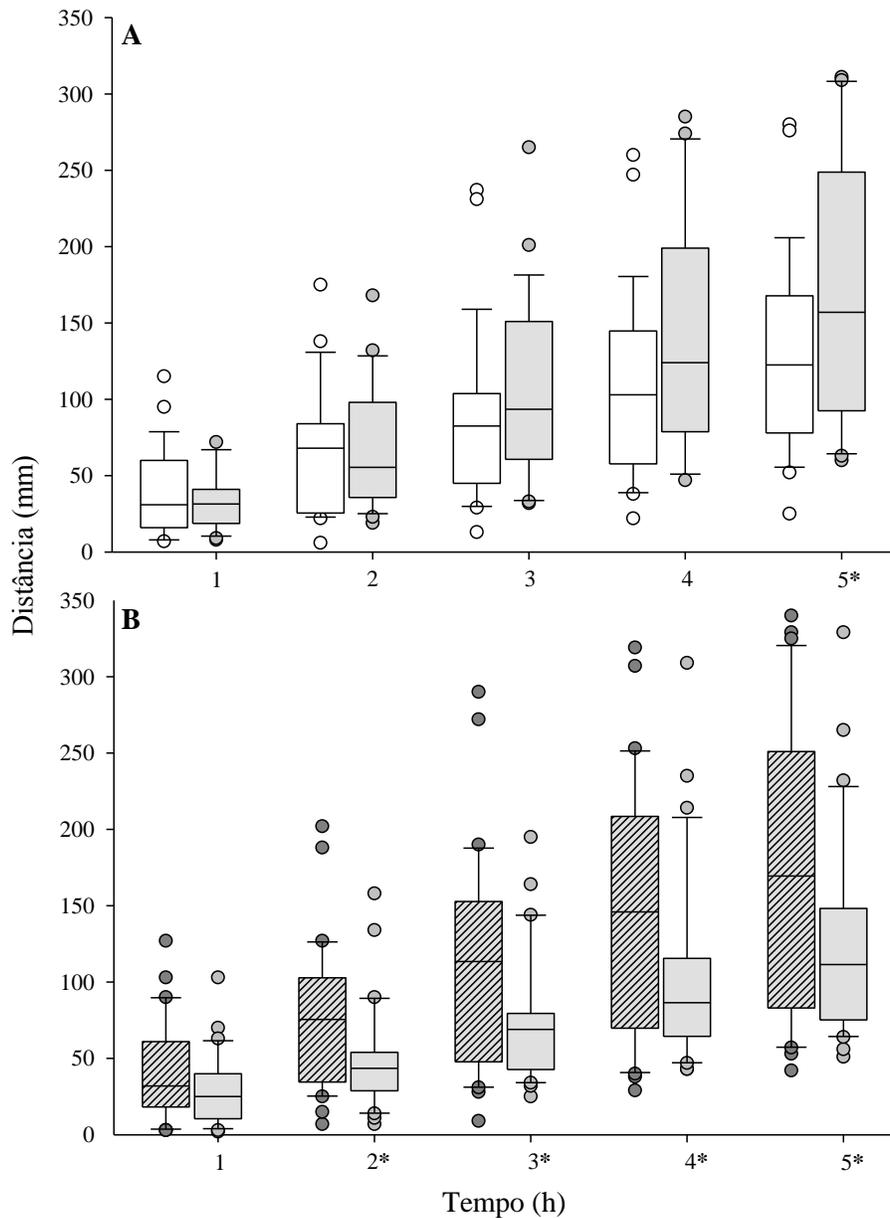


Figura 7. Deslocamento linear de fêmeas de *Aceria guerreronis* coletados sob o perianto de frutos jovens (barras brancas) ou fora do perianto de frutos velhos (barras cinzas) (A). Deslocamento linear de fêmeas de *A. guerreronis* coletados fora do perianto de frutos velhos na presença de pistas relacionadas ao alimento (barras cinzas hachuradas) ou na ausência de pistas (barras cinzas) (B). Numeros com asterisco indicam diferenças significativas entre o deslocamento linear dos ácaros de acordo com o teste T (método satterthwaite; $P < 0.05$).

Tabela 1. Valores de umidade relativa nos experimentos de sobrevivência de adultos de *Aceria guerreronis* fora da planta hospedeira.

Dissecador	Silica gel (mg)	Água (ml)	Real %UR (Min – Max)	Assumida %UR ¹
Fechado	500	-	9.7 (6.72 – 15.5)	10
Fechado	140	-	25.3 (21.9 – 28.4)	25
Fechado	20	-	38.7 (36.9 – 44.1)	40
Aberto	-	-	73.9 (70.8 – 78.9)	75
Fechado	-	250	94.5 (90.2 – 96.3)	95

¹ Valores usados nas análises (tempo médio de sobrevivência e regressões)

Tabela 2. Estatísticas gerais para o efeito da temperatura ou da umidade relativa na sobrevivência de adultos de *Aceria guerreronis* fora do perianto.

	Estatística				
	<i>n</i>	Slope \pm SE (<i>P</i>)	Intercepto (<i>P</i>)	<i>R</i> ²	<i>P</i>
Temperatura	540	-0.51 \pm 0.04 (<0.0001)	23.46 (<0.0001)	0.27	<0.0001
Umidade relativa	450	0.06 \pm 0.01 (<0.0001)	5.74 (<0.0001)	0.24	<0.0001

CAPÍTULO 3

É A DISPERSÃO AÉREA DE *Aceria guerreronis* Keifer PRECEDIDA POR ALGUM COMPORTAMENTO CARACTERÍSTICO?

JOSÉ WAGNER DA S. MELO¹, DEBORA B. LIMA¹, MAURICE W. SABELIS², ANGELO PALLINI³ AND
MANOEL G.C. GONDIM JR¹

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

²Institute of Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Science Park 904,
1098 XH Amsterdam, The Netherlands.

³Departamento de Biologia Animal – Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter
Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C.Gondim Jr. Is the aerial dispersal of *Aceria guerreronis* Keifer preceded by any characteristic behaviour? A ser submetido para Exp Appl Acarol.

RESUMO – O comportamento de dispersão de *Aceria guerreronis* Keifer antes, durante e logo após a dispersão aérea é em grande parte desconhecido. Este conhecimento pode ser essencial para a melhoria das atuais estratégias de controle do ácaro. Nesse estudo, foi verificado se a dispersão aérea de *A. guerreronis* é precedida por algum comportamento característico; se existe correlação entre a posição do corpo antes da dispersão aérea e a direção do vento; se o comportamento observado antes da dispersão aérea pode ser executado em condições desfavoráveis para a dispersão aérea; se o tecido meristemático dos frutos pode suprimir a tendência para dispersão; e se o substrato vegetal sobre o qual o ácaro se encontra (brácteas ou epiderme) e a velocidade do vento influenciam a dispersão aérea. Foi observado que a dispersão aérea às vezes pode ser precedida pela elevação da parte anterior do corpo e fixação da parte posterior no substrato através do lobo anal, porém mais frequentemente ocorre enquanto o ácaro está andando ou parado sobre o substrato. Tal comportamento (elevação corporal) não foi correlacionado com a direção do vento, e este foi ainda observado em condições desfavoráveis para a dispersão aérea. Ácaros sobre o tecido meristemático de frutos infestados exibiram elevação corporal mais frequentemente do que ácaros sobre o tecido de frutos não infestados, porém não houve diferença no número de ácaros dispersos. A dispersão aérea foi mais frequente sobre a superfície das brácteas de frutos de coco do que sobre a superfície do próprio fruto. Para ambos os substratos, a dispersão aérea foi diretamente proporcional à velocidade do vento.

PALAVRA-CHAVE: Comportamento de dispersão, Deslocamento aéreo, Acari, Eriophyiidae,

Cocos nucifera.

IS THE AERIAL DISPERSAL OF *Aceria guerreronis* KEIFER PRECEDED BY ANY
CHARACTERISTIC BEHAVIOUR?

ABSTRACT – The underlying dispersal behavior of the coconut mite *Aceria guerreronis* Keifer at take-off, in the airborne state and after landing is largely unknown and this is essential to understand how they spread from tree to tree. In this article we studied whether take-off to aerial dispersal of coconut mites is preceded by any characteristic behavior (i.e. raised body stance - RBS), whether there is a correlation between the body position preceding aerial dispersal and the direction of the wind, whether the RBS occur under conditions of still air, whether the meristematic tissue suppresses the tendency to disperse and whether the substrate (outer surface of the bracts or epidermis of non-infested fruits) and the wind speed matter to take-off. We found that take-off can be sometimes preceded by a RBS, but more frequently the take-off occurs while the mite is walking or resting on its substrate. Coconut mites that become airborne assumed a RBS that had no relation to the wind direction. The RBS can be observed even under conditions of still air. However, the presence of wind speed led to a strong increment in the number of the mite that showed such behaviour. The percentage of mites showing a RBS was significantly higher on the meristematic tissue of infested fruits than on meristematic tissue of non-infested fruits, but there was no difference in the percentages of mites dispersed. Take-off occurred significantly more frequently on the outer surface of coconut bracts than on the surface of the fruit. For both substrates, take-off frequency increased with wind speed.

KEY WORD: Dispersal behaviour, take-off, Acari, Eriophyiidae, *Cocos nucifera*

Introdução

Ácaros Eriophyoidea são os menores artrópodes que vivem em plantas (Lindquist & Oldfield 1996). Eles são bem adaptados para a alimentação das plantas e são considerados como sendo altamente específico em relação ao hospedeiro, sendo a maioria das espécies relatadas a partir de uma única espécie de planta ou gênero (Oldfield 1996). Muitos ácaros Eriophyoidea alimentam-se dos tecidos meristemáticos do hospedeiro. Alguns passam a maior parte de sua vida no interior de botões, alguns induzem e habitam galhas e outros vivem em frutas (Oldfield 1996). O pequeno tamanho e forma alongada do corpo destes ácaros permitem-lhes viver em espaços estreitos em uma planta onde outros artrópodes maiores não têm ou têm acesso limitado. Esses microhabitats fornecem proteção contra (geralmente maiores) inimigos naturais ou fatores climáticos (vento e chuva) e representam um ambiente altamente dinâmico aos ácaros Eriophyoidea, porque a planta hospedeira pode sofrer alterações fenológicas ou alterações morfológicas induzidas pelo ácaro (Wetsphal & Manson 1996, Aratchige *et al.* 2007, Lesna *et al.* 2004). A migração destes microhabitats pode ser promovida por má quantidade do alimento e acessibilidade (Galvão *et al.* 2011), competição intra-específica (Huffaker *et al.* 1969, Howard *et al.* 1990, Sabelis & Bruin 1996), concorrência com outros os ácaros que se alimentam no mesmo habitat (Lawson-Balagbo *et al.* 2007) e/ou devido a presença de inimigos naturais (Lesna *et al.* 2004, Lawson-Balagbo *et al.* 2007, Galvão *et al.* 2011). Para permitir uma resposta adequada a estes fatores, seria de esperar que ácaros Eriophyoidea fossem capazes de perceber sensorialmente mudanças em seu microhabitat, mas ainda pouco se sabe sobre isso.

A dispersão ambulatória proporciona um meio muito limitado para o deslocamento de ácaros Eriophyoidea, devido pequeno dos ácaros e o reduzido número de pernas. Eles podem se mover ao longo de distâncias curtas na mesma planta e podem atingir plantas vizinhas apenas se elas tocarem-se (Galvão *et al.* 2012, Melo *et al.* Capítulo 2). Transporte a longas distâncias em

eriofiídeos normalmente é alcançado por deriva em correntes de ar e atrelando-se a artrópodes maiores, com maior capacidade de dispersão (Jeppson *et al.* 1975, Sabelis & Bruin 1996, Michalska *et al.* 2009, Galvão *et al.* 2012). No entanto, os ácaros Eriophyoidea não apresentam adaptações morfológicas para forésia (Lindquist & Oldfield 1996). Além disso, não há nenhuma evidência de que os ácaros Eriophyoidea são selectivos no que diz respeito aos seus transportadores (Shvanderov 1975, Michalska *et al.* 2009). Assim, até agora não há suporte para a dispersão forética, mas sim um forte indício da dispersão pelo vento em correntes de ar com base em armadilha adesivas (Nault & Styer 1969, Lindquist & Oldfield 1996, Bergh & McCoy 1997, Zhao & Amrine 1997a, b, Bergh 2001, Galvão *et al.* 2012). Alguns ácaros Eriophyoidea têm adaptações morfológicas para a dispersão aérea, como filamentos de cera do corpo que reduzem a velocidade de queda e perda de água (Geadá 1997).

Se a dispersão aérea é o modo predominante de dispersão, então poderia se esperar a observação de comportamentos que auxiliassem os ácaros Eriophyoidea a se dispersarem aereamente. A relação a isto, dois comportamentos têm sido relatados na literatura: (1) comportamento individual de “descolagem” do ácaro, estando o corpo levantado, enquanto as estruturas caudais se mantêm presa a epiderme da planta, (2) comportamento de grupo de ácaros onde estes se fixam uns aos outros, formando assim uma corrente de ácaros que pode ser dispersos pelo vento (Smith 1960, Nault & Styer 1969, Ozman & Goolsby 2005). Considerando que cada um dos dois tipos de comportamento pode promover a probabilidade dos ácaros serem lançados para o ar, outras interpretações também são possíveis: (1) o aumento da probabilidade de se fixar a um animal maior, com maior capacidade de dispersão (Gibson & Pintor 1957, Duffner *et al.* 2001), (2) a exploração sensorial do ambiente, estendendo para além da camada laminar de ar por cima do substrato das plantas. Assim, a existência de um comportamento promovendo a “descolagem” até à dispersão aérea precisa de estudo.

Neste artigo estudou-se o comportamento do ácaro do coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer (Eriophyidae) precedendo a dispersão aérea. Este ácaro é uma das pragas mais importantes do coqueiro nas Américas, África e partes da Ásia (Moore & Howard 1996, Seguni 2002, Lawson-Balagbo *et al.* 2008). Nos últimos 30 anos, o ácaro do coqueiro se espalhou para mais áreas de produção de coco em todo o mundo. A colonização rápida ou recolonização de fruto por *A. guerreronis* foi atribuída a dispersão aérea, carregando espécimes de uma planta para outra dentro de um mesmo plantio ou entre plantações (Moore & Alexander 1987, Galvão *et al.* 2012, Melo *et al.* 2012). Portanto, este estudo teve como objetivo responder às seguintes perguntas: (1) É a "decolagem" para dispersão aérea de ácaros do coqueiro precedida por algum comportamento característico? (2) A posição do corpo antes de dispersão aérea está correlacionada com a direção do vento? (3) Pode a posição ereta do corpo ocorrer sem condições de vento? (4) Pode o tecido meristemático suprimir a tendência para dispersão? (5) O substrato (superfície das brácteas de coco ou epiderme) e a velocidade do vento influenciam na "decolagem" dos ácaros?

Material e métodos

Coleta de frutos de coco e ácaros

Frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) infestados e não infestados pelo ácaro do coqueiro foram coletadas a partir da ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco (07° 46 'S , 34° 52' W). Os frutos infestados com ácaros foram coletados do quarto cachos de plantas de coqueiro (onde o número do cacho corresponde à idade do cacho aproximado em meses após a polinização). No estudo conduzido por Galvão *et al.* (2008) no mesmo local geográfico, frutos do cacho 4 continham as maiores populações do ácaro, então é esperado que a motivação destes ácaros para a dispersão seja elevada. Para a coleta de frutos não infestados foi utilizado um procedimento descrito por Melo *et al.* (2011), que minimiza a possibilidade de coletar frutos com baixa

infestação de ácaros como frutos não infestados. Plantas foram inicialmente selecionadas, que não aparentavam ter frutos atacados, sendo coletados cachos de três coqueiros. Os cachos foram levados para o laboratório onde as brácteas de 10 % dos frutos foram examinadas se havia *A. guerreronis*, usando um microscópio estereoscópico. O exame foi realizado nas brácteas removidas, assim como na superfície meristemática do fruto sob as brácteas. Frutos não infestados para este estudo foram tomadas apenas a partir de cachos sobre os quais não foram encontrados *A. guerreronis* em análise laboratorial. Os frutos infestados e não infestados foram mantidos separadamente em condições de laboratório ($27 \pm 1,0$ °C, 75 ± 10 % de umidade relativa [RH] e fotofase de 12 horas) no máximo durante cinco dias. A epiderme (camada externa do fruto, exocarpo), brácteas e tecido meristemático (superfície dos frutos sob as brácteas) de frutos infestados e não infestados foram usados para fazer disco. Os ácaros utilizados nos experimentos foram coletados a partir de frutos (sem criação em laboratório), que define a sua condição inicial nos experimentos.

Túnel de vento

O túnel de vento (Figura 1) consistia de um tubo de vidro (10 cm de comprimento, 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, a um aspirador de pó. Perto da abertura livre no interior do tubo de vidro foi introduzido um alfinete entomológico com um disco na parte superior, que serve como uma plataforma sobre a qual os ácaros podem expressar o seu comportamento em resposta à corrente de ar no tubo e a qualidade do substrato (brácteas, epiderme ou tecido meristemático) (Figura 1A e 1B). O aspirador foi ligado a um transformador de tensão variável AC/DC, através da qual a velocidade do vento pode ser modificada pelo controlador. A velocidade do vento no tubo foi medida por um anemómetro digital (modelo TFA 7607.01.0.00) colocado na extremidade livre do túnel de vento. O túnel de vento foi colocado em um ambiente a $25 \pm 1,0$ °C e 75 ± 10 % UR.

Procedimento experimental

O substrato (brácteas, epiderme ou tecido meristemático de frutos infestados e não infestados) foi fixado a um alfinete entomológico dentro do tubo de vento. Em seguida, uma pequena quantidade de tanglefoot foi aplicada ao bordo do substrato, servindo para manter ácaros em cima do substrato durante os testes. Os ácaros, com idade desconhecida foram coletados a partir de frutos infestados e liberados no centro do substrato. A colocação dos ácaros no substrato foi realizada sob condições de ausência de vento. Após a colocação do ácaro, o aspirador foi ligado durante 30 min fornecendo uma velocidade de vento de 4 m/s (exceto onde explicitado indicação contrária). Assim, os ácaros foram expostos a uma velocidade do vento constante durante 30 minutos. Esta velocidade de vento foi escolhida para coincidir com a velocidade do vento predominante em Itamaracá e promover a dispersão aérea de *A. guerreronis* de acordo com observações feitas por Galvão *et al.* (2012). Uma câmara ligada ao estereomicroscópio foi usada, portanto, foi possível fazer observações contínuas sobre o comportamento de cada ácaro. As observações comportamentais foram feitas por uma inspeção cuidadosa das imagens de vídeo (exceto onde explicitado indicação contrária).

Inicialmente, um experimento foi realizado para avaliar se a dispersão aérea dos ácaros é precedida por uma postura de elevação do corpo e também se a posição do corpo que antecede a dispersão aérea está correlacionada com a direção do vento. Neste experimento, os discos de epiderme de frutos infestados foram usadas como substratos (3,5 mm de diâmetro) e cinco ácaros adultos de idade desconhecida foram libertados no centro do substrato. Uma centena de ácaros foi testada, cada vez com um novo conjunto de cinco ácaros adultos e um novo substrato, correspondendo a uma repetição. As observações foram realizadas durante 30 min para cada conjunto de ácaros. A inspeção cuidadosa das imagens de vídeo resultou em: (i) o número de ácaros que se dispersou, (ii) se a dispersão de cada ácaro foi precedida por uma postura de

elevação do corpo, (iii) a posição final de cada ácaro em relação ao centro do substrato antes da dispersão, e (iv), a posição elevada do corpo em relação à direção principal do vento.

Após avaliar se a dispersão aérea de ácaros é precedida por uma postura elevada do corpo foi investigado se esta postura ocorrer sob condições sem vento e como ela se compara com as condições que permitem a dispersão aérea (4,0 m/s). Assim, duas séries de experimentos foram realizadas, sendo uma centena de ácaros testados para cada série, sendo cada vez com um novo conjunto de 10 ácaros adultos, e um novo substrato (discos de epiderme de frutos infestados - 7 mm de diâmetro), o que correspondeu a uma repetição. Neste experimento o aspirador foi ligado durante 30 min, fornecendo velocidade de vento de 4 m/s, ao passo que no outro não havia corrente de ar para o mesmo tempo de avaliação, simulando uma condições de “calmaria”. As gravações foram feitas durante 30 minutos para cada conjunto de ácaros. Por inspeção cuidadosa de imagens de vídeo, registrou-se: (i) o número de ácaros com postura de elevação do corpo na "decolagem", (ii) o número de ácaros com uma postura de elevação corporal, em qualquer momento antes da “descolagem”; (iii) o número de ácaros dispersos que não apresentaram postura de elevação do corpo, (iv) o número de ácaros não dispersos que apresentaram postura de elevação do corpo, e (v) o número de ácaros não dispersos e que não havia apresentado uma postura de elevação corporal.

Além disso, foi investigado se o tecido meristemático suprime a tendência para se dispersar. Para tanto, foram realizadas duas séries de experimentos adicionais. Em um foram utilizados discos (7 mm de diâmetro) de tecido meristemático de frutos infestados, enquanto no outro foram utilizados discos (7 mm de diâmetro) de tecido meristemático de frutos não infestadas. Além disso, a dispersão aérea e a postura corporal elevada obtida para a primeira série experimentos (experimentos em que foi usado tecido meristemático de frutos infestados como substrato) foi também confrontado com a dispersão aérea e postura corporal elevada obtida no

experimento anterior (experimento que os discos de epiderme de frutos infestados foram usados como substratos). Uma centena de ácaros foi testada para cada série, de cada vez com um novo conjunto de 10 ácaros adultos, e um novo substrato o que correspondeu a uma repetição. O aspirador foi ligado durante 30 min fornecendo uma velocidade de vento de 4 m/s para as duas séries de experimentos. As gravações foram feitas durante 30 minutos para cada conjunto de ácaros. Por inspeção cuidadosa de imagens de vídeo, registrou-se: (i) o número de ácaros com postura de elevação do corpo na "decolagem", (ii) o número de ácaros com uma postura de elevação corporal, em qualquer momento antes da "descolagem"; (iii) o número de ácaros dispersos que não apresentaram postura de elevação do corpo, (iv) o número de ácaros não dispersos que apresentaram postura de elevação do corpo, e (v) o número de ácaros não dispersos e que não havia apresentado uma postura de elevação corporal.

Também foi investigado o efeito do substrato e da velocidade do vento na dispersão aérea de *A. guerreronis*. Foram testados discos (7 mm de diâmetro) de brácteas ou epiderme dos frutos infestados como substratos. Com auxílio de um anemômetro criou-se seis níveis de velocidade do vento: 0,5, 1, 2, 4, 6 e 8 m/s. Foram utilizados para cada combinação de substrato e velocidade do vento 30 ácaros adultos. A experiência foi repetida três vezes, cada vez com um novo conjunto de 10 ácaros adultos e um novo substrato. O aspirador foi deixado ligado durante 30 min, após este período cada disco foi examinado sob um microscópio estereoscópico para registrar o número de ácaros que não se tinham dispersado (e indiretamente, também o número de ácaros dispersos).

Análises estatísticas

Etogramas do comportamento de dispersão foram registrados para detectar a possível variação na sequência de comportamentos. Para cada repetição (grupo de 5 ácaros), a posição de cada ácaro disperso (precedido ou não pelo comportamento característico de elevação do corpo)

foi determinada. Para cada ácaro um vector (RI) foi calculado a partir das coordenadas de partida (0,0) para a posição final antes da dispersão (xi, yi). O vetor resultante (Rn) de n repetições foram calculados utilizando as seguintes fórmulas :

$$R_n = \sqrt{X^2 + Y^2};$$

$$X = \sum_{i=1}^n x_i \text{ and } Y = \sum_{i=1}^n y_i$$

O comprimento médio do vector é um indicador para o direcionamento dentro de um tratamento e é calculado como:

$$r = R_n/n$$

A direcção média circular (Φ) é definida pela direcção do vector resultante e é calculado como:

$$\Phi = \begin{cases} \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) \text{ if } X > 0 \text{ and } Y \geq 0, \\ 90^\circ \text{ if } X = 0 \text{ and } Y > 0, \\ \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) + 180^\circ \text{ if } X < 0, \\ \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) + 360^\circ \text{ if } X \geq 0 \text{ and } Y < 0. \end{cases}$$

O teste de Raleigh (uniformidade circular de Raleigh) foi usado para determinar a direccionalidade significativa da posição ácaro (Batschelet 1981). Esses conjuntos de dados foram analisados utilizando o packpage CircStats para análise circular, utilizando o software estatístico MATLAB (2008Ra).

O teste de uma amostra para o ângulo médio foi utilizado para determinar se a posição média do corpo elevado em relação à direcção principal do vento (0 °C) difere do sentido esperado, que era o sentido do vento. Se o ângulo de espera diminuiu dentro do intervalo de confiança a 95% para a direcção média, então eles não eram diferentes.

Comparações entre os percentuais médios de ácaros dispersos, bem como entre os percentuais médios de ácaros que mostraram uma postura de elevação do corpo sobre os

diferentes substratos foram feitos com testes não paramétricos [usando Proc NPAR1-Way, teste de Wilcoxon do SAS (SAS Institute 2002)] .

Para avaliar o efeito do substrato e da velocidade do vento na dispersão aérea do ácaro do coqueiro, as percentagens de ácaros dispersos foram testadas quanto à normalidade (Kolmogorov: teste de normalidade) e homogeneidade da variância (teste de Bartlett) e, subsequentemente, submetidos a uma análise factorial de variância, Proc ANOVA do SAS (SAS Institute, 2002). O efeito do substrato foi avaliado por meio do teste de Fisher ($\alpha = 0,05$) e o efeito da velocidade do vento foi avaliada por análise de regressão [utilizando Proc Reg do SAS (SAS Institute 2002)] para cada substrato com as percentagens de ácaros dispersos por repetição com a velocidade como variável dependente e o vento como variável independente.

Resultados

Um total de 34 dos 100 ácaros testados foram dispersados pelo vento. Cerca de 35,3 % apresentaram uma postura de elevação do corpo, em qualquer momento antes da descolagem e 64,7% foram dispersos enquanto eles estavam andando ou parados no substrato (Fig. 2 e 3A -E). Houve apenas um caso em que os ácaros ligados uns aos outros em forma de corrente antes da "decolagem" (Fig. 3F- H). Além disso, observou-se que, por vezes, ácaros mostraram uma postura de elevação do corpo durante alguns minutos, sem posterior descolagem. Os ácaros dispersos em ambos os casos (precedido ou não pela postura de elevação do corpo) não apresentaram qualquer direção significativamente diferente da distribuição uniforme de direções (Fig. 4 A e B, teste uniforme de Raleigh: $P > 0,42$, $r < 0,30$), indicando que os ácaros dispersos caminharam em direção aleatória sobre o substrato, independentemente de terem mostrado uma postura de elevação do corpo ou não. O ângulo médio de orientação (posição do corpo levantada em relação à direção do vento principal) foi de 60° para os ácaros com uma postura de elevação do corpo na

decolagem e 82° para os ácaros que mostraram uma postura de elevação do corpo, em qualquer momento, antes da "decolagem". Esses ângulos médios de orientação são significativamente diferentes da direção do vento (0°), pois a direção do vento não está dentro do intervalo de confiança de 95 % para a orientação de ácaros com uma postura de elevação do corpo na decolagem (24,9-95,1°), e do ácaro que mostrou uma postura de elevação do corpo, em qualquer momento antes da descolagem (54,9-110,1°) (one-sample test). O ângulo de orientação dos ácaros do coqueiro em resposta a correntes de ar em um túnel de vento são mostrados na Figura 5.

Os dados de cada tipo de dispersão ("decolagem", enquanto o ácaro estava andando ou parado em seu substrato e "decolagem" precedida pela postura de elevação do corpo) foram usados para produzir etogramas do comportamento de dispersão aérea e as frequências relativas das transições comportamentais são mostrados na Figura 6. Para ambos os tipos de dispersão uma sequência comportamental clara não foi observada e houve grande variação no comprimento de tempo durante o qual cada comportamento foi expresso. Para cada possibilidade de dispersão foram selecionados os ácaros que mostravam o número maior ou menor de eventos até a "decolagem", diagramas de comportamento para mostrar tais variações foram construídos. Os diagramas de comportamento são mostrados na Figura 7.

Para avaliar se a postura de elevação do corpo ocorre sob condições sem vento (calmaria) e como a comparação com as condições de vento em alta velocidade (4,0 m/s), apresentou-se ácaros para estas duas "situações" e constatou-se que a postura de elevação do corpo de *A. guerreronis* pode ser observada, mesmo sob condições sem ar (calmaria). No entanto, a presença da velocidade do vento levou a um forte aumento no número de ácaros que mostrou a postura de elevação do corpo (Tabela 1, $\chi^2 = 13,23$, g.l. = 1, P = 0,0003). Conclui-se que a postura de elevação do corpo pode ter outras funções, além de ajudar a "decolagem".

Para avaliar se o tecido meristemático de fruto do coqueiro suprime a tendência do ácaro a se dispersar, confrontou-se a "decolagem" e levantou-se a resposta do organismo confinado em tecido meristemático de frutos infestados com *A. guerregonis* com a resposta de ácaros confinados em tecido meristemático de frutos não infestados e também com a resposta de ácaros confinados em discos de epiderme de frutos infestados com o ácaro. A percentagem de ácaros que mostram a posição do corpo elevado foi significativamente superior no tecido meristemático de frutos infestados do que no tecido meristemático de frutos não infestados (Tabela 1, $\chi^2 = 5,15$, g.l. = 1, P = 0,0232), mas não houve diferença nos percentuais de ácaros dispersos (Tabela 1, $\chi^2 = 0,06$, g.l. = 1, P = 0,8050). Além disso, a percentagem de ácaros que mostram postura de elevação do corpo no tecido meristemático de fruto infestado foi semelhante ao de ácaros que mostram o corpo em posição elevada em tecido da epiderme de frutos infestados (Tabela 1, $\chi^2 = 1,18$, g.l. = 1, P = 0,2774). No entanto, a percentagem de ácaros disperso foi significativamente superior no tecido da epiderme em que o tecido meristemático (Tabela 1, $\chi^2 = 5,49$, g.l. = 1, P = 0,0191).

Quando investigou-se o efeito do substrato e velocidade do vento na dispersão aérea do ácaro do coqueiro, constatou-se que não houve interação significativa entre os substratos e velocidade do vento (Tabela 2). A percentagem de ácaros disperso foi significativamente maior na superfície das brácteas que na epiderme (Tabela 2, ver também a Fig. 8). Para ambos os substratos, a percentagem de ácaros dispersos mostrou relação linear com a velocidade do vento (Tabela 2, ver também Fig. 8). Os dados adequaram-se ao modelo quadrático para a dispersão sobre brácteas ($y = -1.056x^2 + 18.396x - 10.136$), e para a dispersão sobre a superfície da epiderme do fruto ($y = -0.700x^2 + 14.276x - 8.656$), com 93% e 95% da variação observada, sendo contabilizada pelos modelos ($R^2 = 0,93$, P <0,0001, $R^2 = 0,95$, P <0,0001, respectivamente).

Discussão

Este estudo é um dos poucos que têm observado o comportamento de dispersão de ácaros Eriophyoidea na "decolagem", e o primeiro que tenta explicar se os comportamentos interpretados como adaptações para a dispersão aérea são decisivos ou não para a "decolagem". Aqui descobriu-se que: (1) a dispersão aérea do ácaro do coqueiro é possível, (2) a dispersão aérea pode ser às vezes precedida por uma postura de elevação do corpo, mas ocorre com mais frequência quando o ácaro está andando ou parado sobre o substrato, (3) ácaros que não são dispersos aereamente podem também exibir uma postura corporal elevada, (4) ácaros distribuíram-se aleatoriamente sobre o substrato antes da dispersão, independentemente de terem apresentado postura de elevação do corpo ou não, e (5) ácaros exibiram uma postura de elevação do corpo independente para a direção do vento. Essas evidências levam a concluir que o comportamento interpretado como adaptação para a dispersão aérea (postura de elevação do corpo) pode ajudar na "decolagem", mas não é um pré-requisito.

O postura de elevação do corpo anterior a "decolagem", provavelmente, ajuda o ácaro para elevar-se acima da camada laminar, onde a velocidade do vento diminui exponencial em direção à superfície. Desta forma, o ácaro se expõe a uma maior velocidade do vento e aumenta as chances de "decolagem". No entanto, tal como mostrado nos experimentos, a postura de elevação do corpo do ácaro do coqueiro pode ser observada, mesmo na ausência de correntes aéreas (calmaria). Este resultado sugere fortemente que esse comportamento pode estar envolvido com outras atividades, como a fixação em "transportadores", para forrageamento ou percepção ambiental. O uso de transportadores (foresia) de ácaros Eriophyoidea raramente tem sido relatada na literatura (Michalska *et al.* 2009) e é considerado como um comportamento acidental (Lindquist & Oldfield 1996). No entanto, dada a limitação do ácaro do coqueiro para a dispersão ativa e sua especificidade, não só em relação à planta hospedeira, mas também a parte da planta

atacada (tecido meristemático do fruto), parece lógico supor que o ácaro do coqueiro se dispersaria em sua maioria, prendendo-se em outros organismos que se movem de forma mais eficiente e vivem ou visitam frutos de coco infestados ou outras estruturas próximas a ele. A capacidade de percepção de forrageamento ou ambientais em ácaros Eriophyoidea não é clara. De acordo com Lindquist & Oldfield (1996) os Eriophyoidea são ácaros que parecem não ter qualquer mecanismo de localização hospedeira. No entanto, estes autores ignoraram os solenídeos destes ácaros presentes no tarso de pernas I e II, que são os órgãos sensoriais que podem informar ao ácaro, a composição química do substrato ou a composição da camada laminar de ar por cima do substrato das plantas.

Devem ser tomados cuidados ao se referir a postura de elevação do corpo como "postura de dispersão", porque, como dito acima a postura pode servir para outras funções, pois pode haver outro tipo de comportamento que possa iniciar a dispersão aérea. Iniciação ativa de "decolagem" para a dispersão aérea foi inferida a partir da observação de que os adultos de Eriophyoidea movem-se para qualquer lado (por exemplo, borda das folhas, ramos ou frutos), param a atividade ambulatorial e se levantam, apoiando-se nos lobos caudais, enquanto enfrenta o fluxo de ar e movem suas pernas rapidamente (Smith 1960, Davis 1964, Nault & Styler 1969, Shvanderov 1975, Bergh & Weiss 1993). Curiosamente, a postura inversa foi também observada em outro ácaro Eriophyoidea precedindo a dispersão aérea de *Acalitus phloeocoptes* (Nalepa); elevação da parte posterior do corpo, enquanto as pernas se fixam no substrato (Sternlicht *et al.* 1973). No entanto, um outro tipo de comportamento é observado em *Aceria tulipae* Keifer, quando a planta hospedeira é altamente infestada. Milhares de eriofídeos se agrupam nas pontas das folhas e outros locais da planta, onde se formam fileiras de vários indivíduos ligados por seus lobos caudais (Gibson & Painter 1957, Nault & Styler 1969). Tem sido sugerido que isto pode levar a dispersão aérea de grupos de ácaros Eriophyoidea.

Este trabalho mostra que a dispersão aérea do ácaro do coqueiro pode ser: (i) precedido por uma postura de elevação do corpo logo antes da decolagem (na "decolagem"), (ii) precedido por uma postura de elevação do corpo, em qualquer momento antes da "decolagem", (iii) não precedida por uma posição elevada do corpo, enquanto o ácaro anda sobre o substrato, (iv) não precedida por uma posição elevada do corpo, enquanto o ácaro está parado sobre o seu substrato, ou (v) precedida por fileiras de ácaros ligados uns aos outros antes da "decolagem". Além disso, foram observadas grandes variações na seqüência e duração das ações na "decolagem" dos ácaros. Com isto, conclui-se que não há uma seqüência fixa de comportamento que leva à dispersão aérea.

O fato de que a dispersão aérea do ácaro do coqueiro pode ocorrer enquanto o ácaro está andando ou parado sobre o substrato mostrou que às vezes a "decolagem" pode ser um evento passivo, determinado pelo equilíbrio entre o vigor ácaro e a força exercida sobre ele pelo vento. Como foi demonstrado no presente estudo, este deslocamento passivo foi mais freqüente em epiderme de frutos infestados do que em tecido meristemático de frutos infestados. Uma possível explicação para esta diferença é que a textura de substratos podem proporcionar maior ou menor capacidade de fixação do ácaro do coqueiro. Não está claro como o ácaro do coqueiro resistir ao deslocamento pelo vento e ganhar controle sobre a "decolagem". Ácaros podem resistir ao deslocamento por meio da produção de fios de teia para se fixar nas folhas, mas o ácaro de coqueiro não tem capacidade de produzir teia. É hipotetizado aqui que o controle da "decolagem" é conseguido através da fixação do lobo caudal ao substrato e também através das garras e, possivelmente, do empódio. Provavelmente, isto deve ajudar o ácaro a diminuir a exposição ao vento, trazendo o corpo ao interior da camada limite lâminar em que a velocidade do vento diminui quase linearmente até zero ao nível substrato (Schlichting 1968).

É interessante notar que a percentagem de ácaros que mostrou uma postura de elevação do corpo foi significativamente superior no tecido meristemático de frutos infestados do que no tecido mesitemático de frutos não infestados. Este resultado sugere uma capacidade do ácaro do coqueiro de controlar o início da dispersão aérea. Como indicado acima, o corpo do ácaro em uma posição elevada não é um pré-requisito para a "decolagem", mas pode auxiliar na "decolagem", pois aumenta a probabilidade de arrasto devido à exposição a uma maior velocidade do vento (Washburn & Washburn 1984). No entanto, não está claro por que o ácaro do coqueiro adota a postura elevada do corpo.

A dispersão aérea parece ser adaptável em ambientes com diferentes disponibilidade de recursos alimentares e é esperado que seja influenciada por fatores bióticos e abióticos relacionados a esses recursos. Assim, investigou-se a influência do substrato e da velocidade do vento na dispersão aérea dos ácaros do coqueiro. Observou-se que a dispersão dos ácaros foi maior na superfície das brácteas do que na superfície da epiderme e é coincidente com o fato de que mais ácaros são encontrados no primeiro do que no segundo. Isto é relevante levando em consideração que o maior número de ácaros de uma colônia é encontrado na superfície do fruto cobertos por brácteas do que sobre a superfície exposta da brácteas ou sobre a superfície exposta do próprio fruto (Thirumalai Thevan et al. 2004, Galvão *et al.* 2012). Como sugerido por Galvão *et al.* (2012), a tendência dos ácaros para movimentar-se principalmente para as brácteas pode estar ligado a maior exposição ao vento e/ou permitir que eles alcancem as espiguetas, utilizando-as como pontes para outros frutos que se tocam. Observou-se também que o número de ácaros se dispersa gradualmente, aumentando-se a velocidade do vento de 1 a 6 m/s. O resultado deste estudo é semelhante ao descrito por Galvão *et al.* (2012), em que um número reduzido de ácaros foram dispersos em velocidades baixas (1 e 2 m/s), mas aumentou substancialmente nas velocidades mais elevadas (3 e 4 m/s). Estudos de campo foram realizados por alguns autores

(Mariau & Julia 1970, Mariau 1977, Negloh *et al.* 2010) que observaram progressivamente maiores danos do ácaro em plantas que crescem em distâncias cada vez maiores a partir do litoral para o interior. Os autores relacionaram o maior dano do ácaro com a maior ação do vento predominantemente no interior do continente.

Neste estudo são relatadas evidências de que a postura de elevação do corpo não é um pré-requisito para a "decolagem", embora possa ajudá-la. Portanto, deve-se tomar precauções para se referir a posição elevada do corpo como "postura de dispersão", porque, como mencionado acima pode esta postura ter outras funções e porque pode haver outro tipo de comportamento que possa iniciar a dispersão aérea. Por esta razão, recomenda-se uma avaliação mais crítica das possíveis funções da postura de elevação do corpo.

Agradecimentos

Agradecemos a Dra. Izabela Lesna pela crítica avaliação do manuscrito. O presente estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq – MCTI nº 14/2012 (Proc. 472713/2012-4)] do governo do Brasil. O pesquisador J.W.S. Melo recebeu bolsa de formação (Doutorado e Doutorado sanduiche) pelo CNPq [MCT nº 70/2009 (Proc. 147462/2010-0) e SWE/CSF (Proc. 202488/2011-0)].

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
- Batschelet, E. 1981.** *Circular Statistics in Biology.* Academic Press, London, 371p
- Bergh, J.C. & A.H. Smith. 2001.** Ecology and aerobiology of dispersing citrus rust mites (*Acari: Eriophyidae*) in central Florida. *Environ. Entomol.* 30: 318–326

- Bergh, J.C. & C.R. Weiss. 1993.** Pear rust mite, *Epirimerus pyri* (Acari: Eriophyidae), oviposition and nymphal development on *Pyrus* and non-*Pyrus* host. *Exp. Appl. Acarol.* 17: 215-224
- Bergh, J.C. & C.W. McCoy. 1997.** Aerial dispersal of citrus rust mite (Acari: Eriophyidae) from Florida citrus groves. *Environ. Entomol.* 26: 256–264
- Davis, R. 1964.** Autoecological studies of *Rhynacus breittlowi* Davis (Acarina: Eriophyidae). *Fla. Entomol.* 47: 113-121
- 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
- Frost, W.E. 1997.** Polyphenic wax production in *Abacarus* (Acari: Eriophyidae), and implications for migratory fitness. *Physiol. Entomol.* 22: 37-46
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr. & S.J. Michereff. 2008.** Escala diagramática de dano de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em coqueiro. *Neotrop. Entomol.* 37: 723–728
- 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 within coconut bunches in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 54: 373-384
- 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
- Gibson, W.W. & R.H. Painter. 1957.** Transportation by aphids of the wheat curl mite, *Aceria tulipae* (K.), a vector of the wheat streak mosaic virus. *J. Kansas Entomol. Soc.* 30: 147–153
- Howard, F.W., E. Abreu-Rodriguez & H.A. Denmark. 1990.** Geographical and seasonal distribution of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), in Puerto Rico and Florida, USA. *J. Agric. Univ.* 74: 237-251
- Huffaker, C.B., M.J. Van de Vrie & J.A. McMurtry. 1969.** The ecology of Tetranychidae mites and their natural control. *Annu. Rev. Entomol.* 14: 125-174
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer & E.W. Baker. 1975.** Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkeley, CA, p 614
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2007.** 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 enemies. *Bull. Ent. Res.* 98: 83-96
- Lesna, I., C.G.M. Conijn & M.W. Sabelis. 2004.** From biological control biological insight; rust-mite induced change in bulb morphology, a new mode of indirect plant defense. *Phytophaga* 14:285-291
- Lindquist, E.E. & C.N. Oldfield. 1996.** Evolution and Phylogeny: Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plant. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.) *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*, World Crop Pest , vol 6. Elsevier, Amsterdam, pp 277-300
- Mariau, D. 1977.** *Aceria (Eriophyes) guerreronis*: un important ravageur des cocoteraies africaines et américaines. *Oléagineux* 32: 101–108
- Mariau, D. & J.F. Julia. 1970.** L'acariose a *Aceria guerreronis* (Keifer), ravageur du cocotier. *Oléagineux* 25: 459–464
- 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., 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
- Michalska, K., A. Skoracka, D. Navia & J.W. Amrine. 2009.** Behavioural studies on eriophyoid mites-an overview. *Exp. Appl. Acarol.* 51: 31–59
- Moore, D. & L. Alexander. 1987.** Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). *Bull. Ent. Res.* 77: 641-650
- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin (eds) *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam, pp 561-570
- 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
- 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* 54:349–358

- Oldfield, G.N. 1996.** Diversity and host plant specificity. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis, J. Bruin (eds) Eriophyoid mites-their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishing, Amsterdam, The Netherlands, World Crop Pests, vol 6, pp 199–216
- Ozman, S.K. & J.A. Goolbsby. 2005.** Biology and phenology of the eriophyid mite *Floracarus perrepae*, on its native host in Australia, old world climbing fern *Lygodium microphyllum*. Exp. Appl. Acarol. 35: 197–213
- Sabelis, M.W. & J. Bruin. 1996.** Evolutionary ecology; life history patterns, food plant choice and dispersal. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin J (eds.) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, pp 329-366
- SAS Institute. 2001.** SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schlichting, H. & J.J. van der Weel. 1968.** Boundary-Layer Theory. McGraw-Hill, New York. 799p
- Seguni, Z. 2002.** Incidence, distribution and economic importance of the coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tanzanian coconut based cropping systems. In: Fernando LCP, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.) Proceedings of the international workshop on coconut mite (*Aceria guerreronis*). Coconut Research Institute, Sri Lanka, p 54-57
- Shvanderov, F.A. 1975.** The role of phoresy in the migration of eriophyid mites (Eriophyoidea). Zool. Zh. 54:458–461
- Smith, B.D. 1960.** The behaviour of the black currant gall mite (*Phytoptus ribi* Nal.) during the free living phase of its life cycle. Ann. Rep. Long Ashton Agric. Hort. Res. Sta. 1959: 130–136
- Sternlicht, M., S. Goldenberg & M. Cohen. 1973.** Development of the plum gall and trials to control its mite *Acalitus phloeocoptes* (Eriophyidae, Acarina). Ann. Zool. Ecol. Anim. 5: 365-377
- Thirumalai Thevan, P.S., N. Muthukrishman, T. Manoharan & T. Thangaraj. 2004.** Influence of phenotypic and biochemical factors of coconut on eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer and predatory, *Amblyseius spp.* mite. J. Entomol. Res. 28:291–299
- Wasburn, J.O. & L. Wasburn. 1984.** Active dispersal of minute wingless arthropods: exploitation of boundary-layer velocity gradients. Science. 233:1088-1089
- Westphal, E. & D.C.M. Manson. 1996.** Feeding effects on host plants: Gall formation and other distortions. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin J (eds.) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, pp 231-242
- Zhao, S. & J.W. Amrine. 1997a.** A new method for studying aerial dispersal behaviour of eriophyid mites (Acari: Eriophyoidea). Syst. Appl. Acarol. 2: 107–110

Zhao, S. & J.W. Amrine. 1997b. Investigation of snowborne mites (Acari) and relevance to dispersal. *Int. J. Acarol.* 23: 209–213

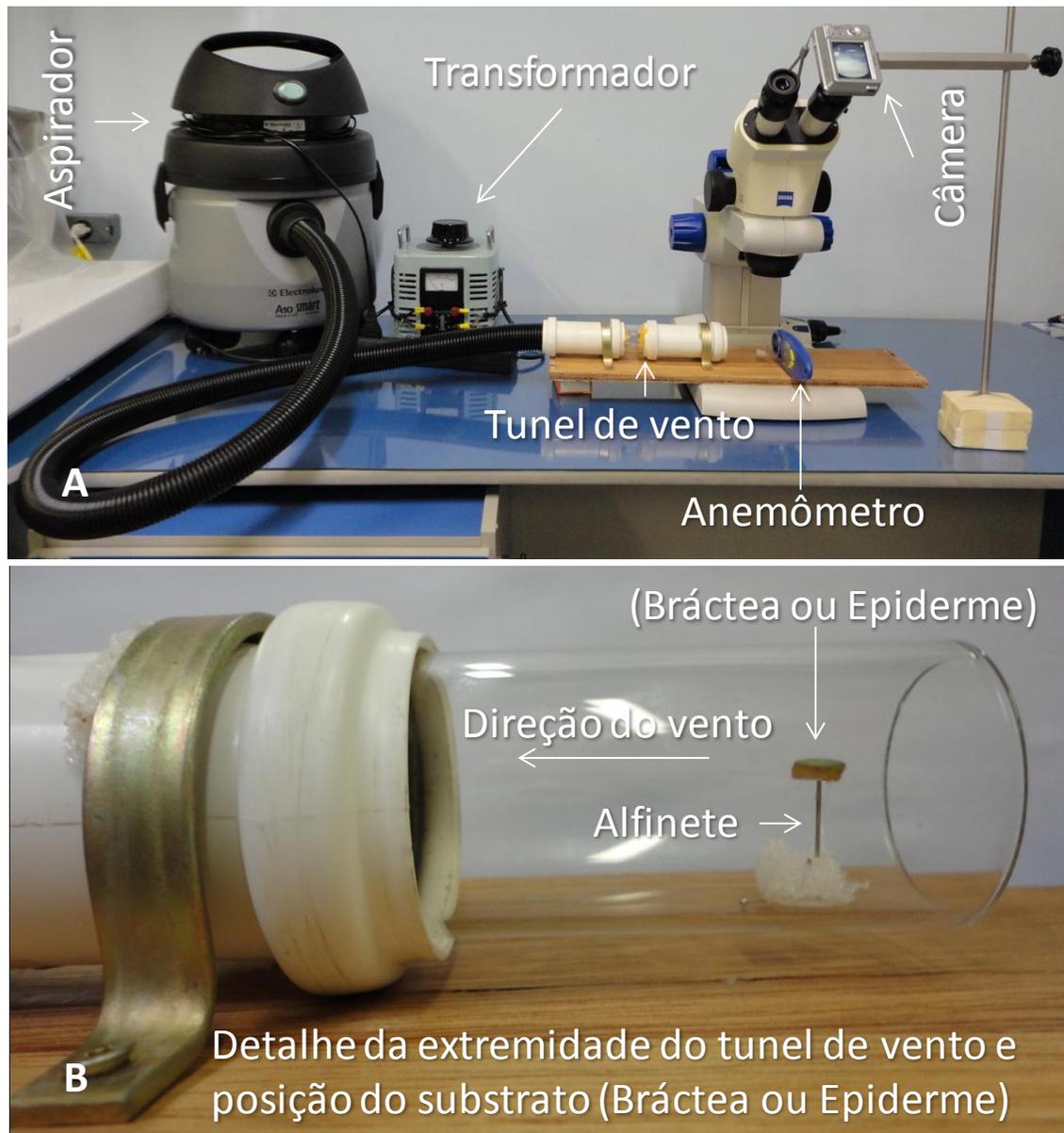


Figura 1. Tunel de vento utilizado para os experimentos de dispersão aérea (A). Detalhe da extremidade do tunel de vento e posição do substrato (B).

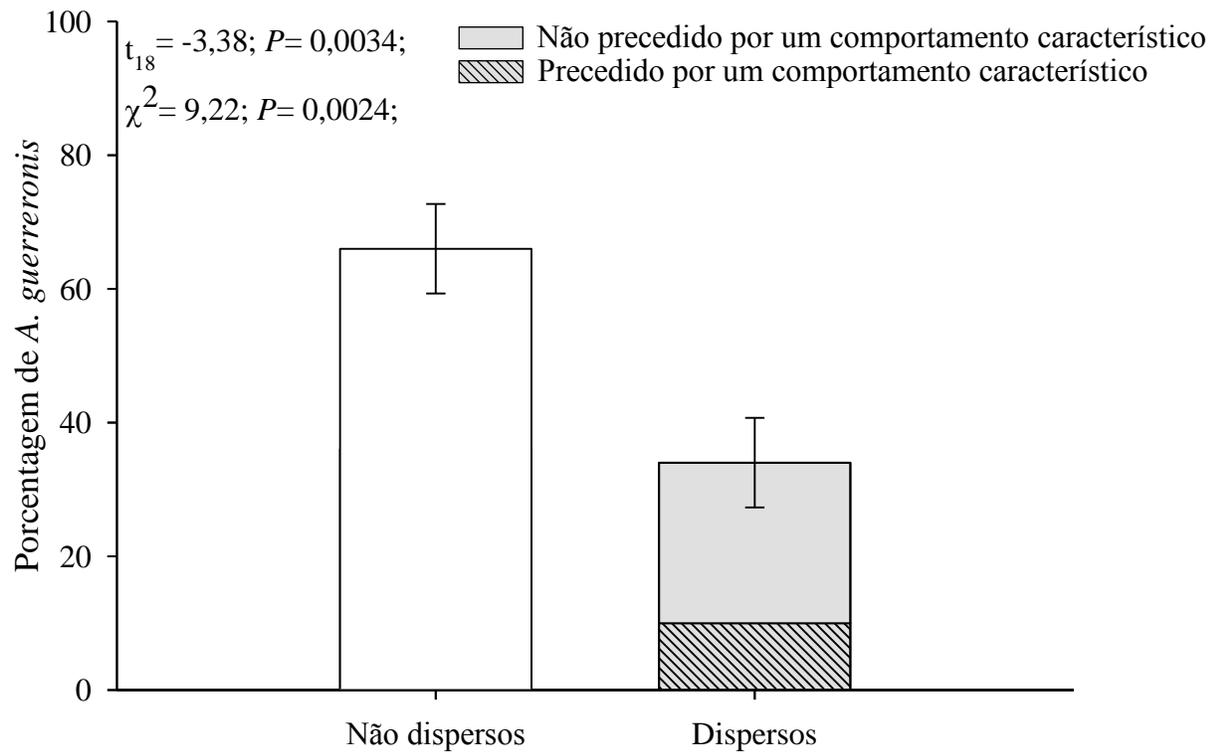


Figura 2. Número médio de *Aceria guerreronis* dispersos e não dispersos

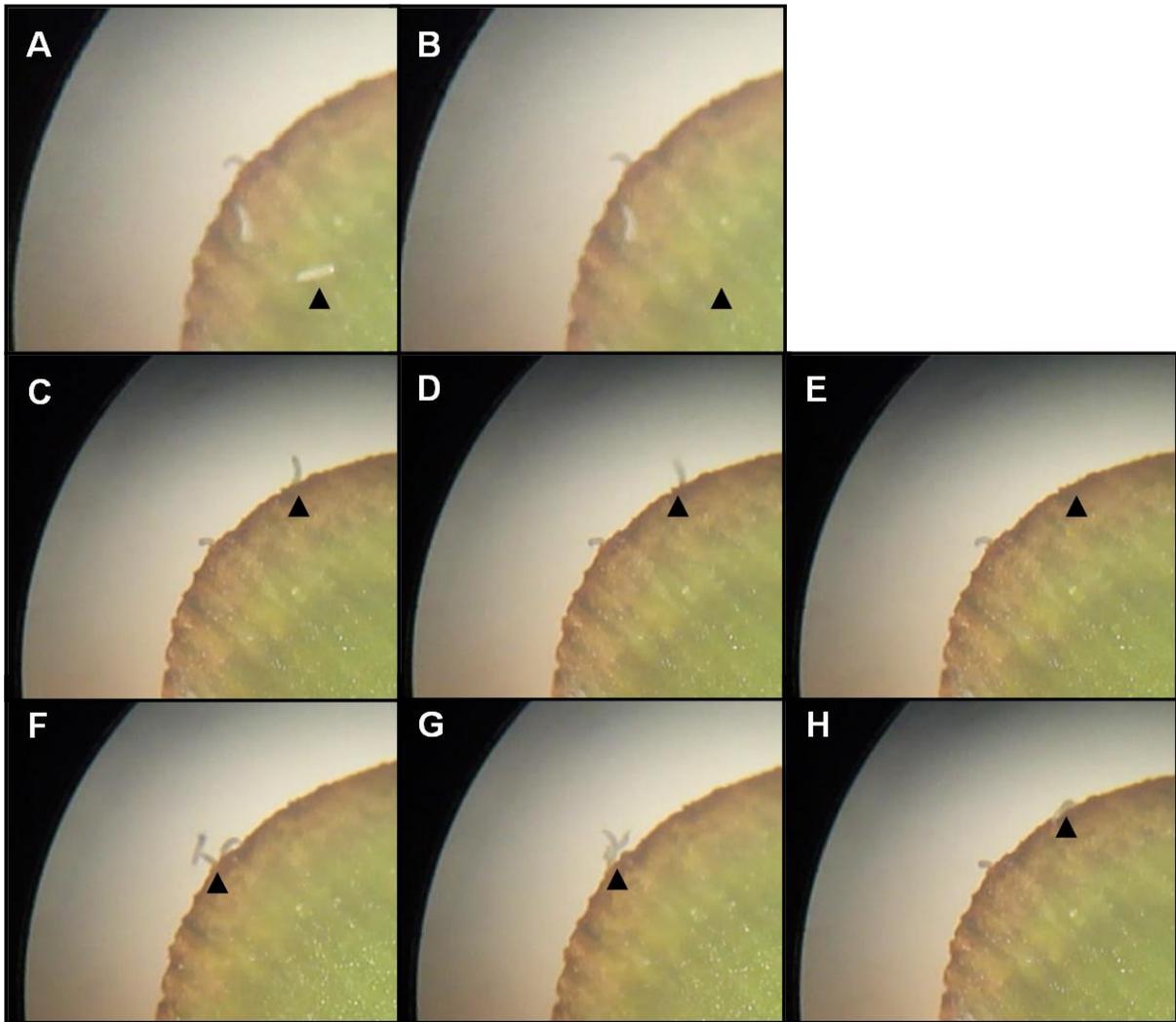


Figura 3. Tipos de comportamento observado: "decolagem" enquanto o ácaro estava caminhando ou parado sobre o substrato (A-B); "decolagem" precedida por uma postura corporal elevada (C-E); fixação de ácaros uns aos outros formando "correntes de ácaros" antes da dispersão (F-H).

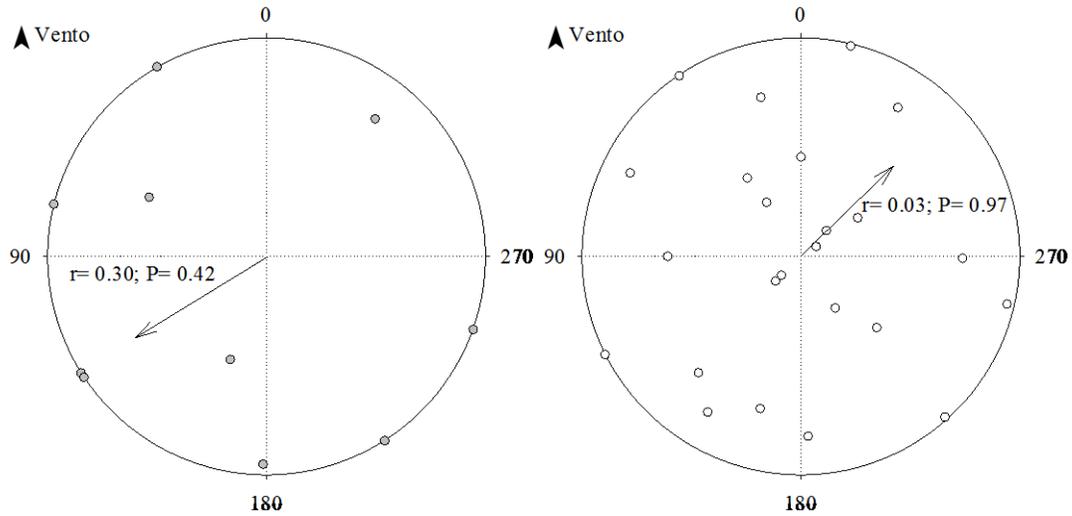


Figura 4. Posição dos ácaros antes da dispersão em relação ao substrato. Ácaros dispersos que exibiram postura corporal elevada no momento da dispersão (bolas cinzas) e ácaros dispersos enquanto estavam caminhando ou parados sobre o substrato no momento da decolagem (bolas brancas).

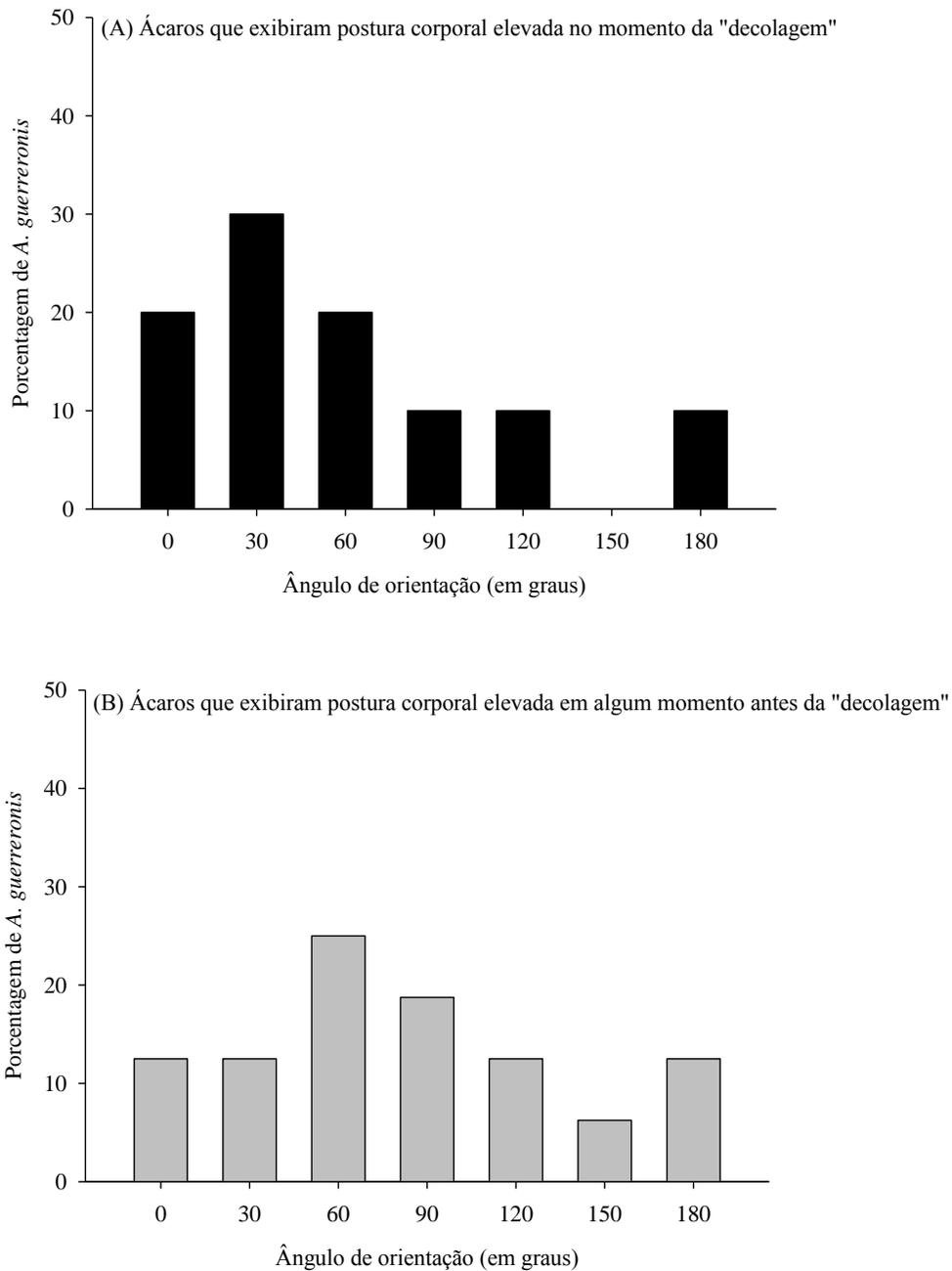


Figura 5. Ângulo de orientação de *Aceria guerreronis* em resposta a fluxo laminar de correntes de vento em tunel de vento, ácaros que exibiram postura corporal elevada na "decolagem" (n=10) (A) e ácaros que exibiram postura corporal elevada algum momento antes da "decolagem" (n=16) (B).

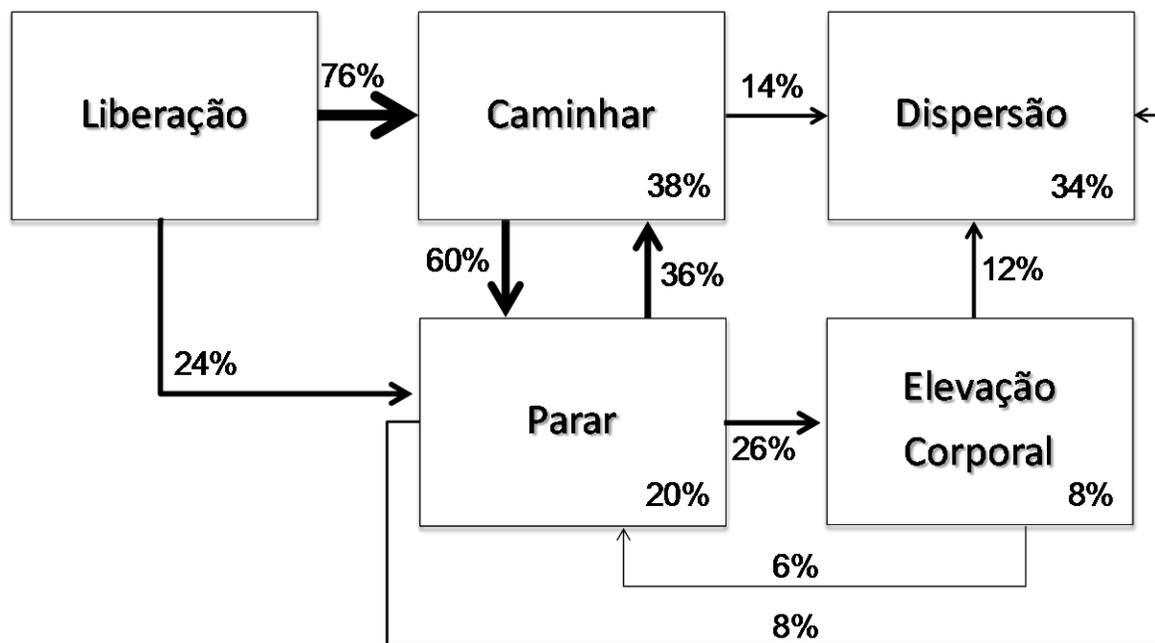


Figura 6. Etograma do comportamento de dispersão de *Aceria guerreronis*. Setas indicam transições comportamentais. A espessura relativa de cada seta representa a frequência de cada transição comportamental (n=100). O valor percentual dentro das caixas corresponde ao "estado" do ácaro após o período experimental.

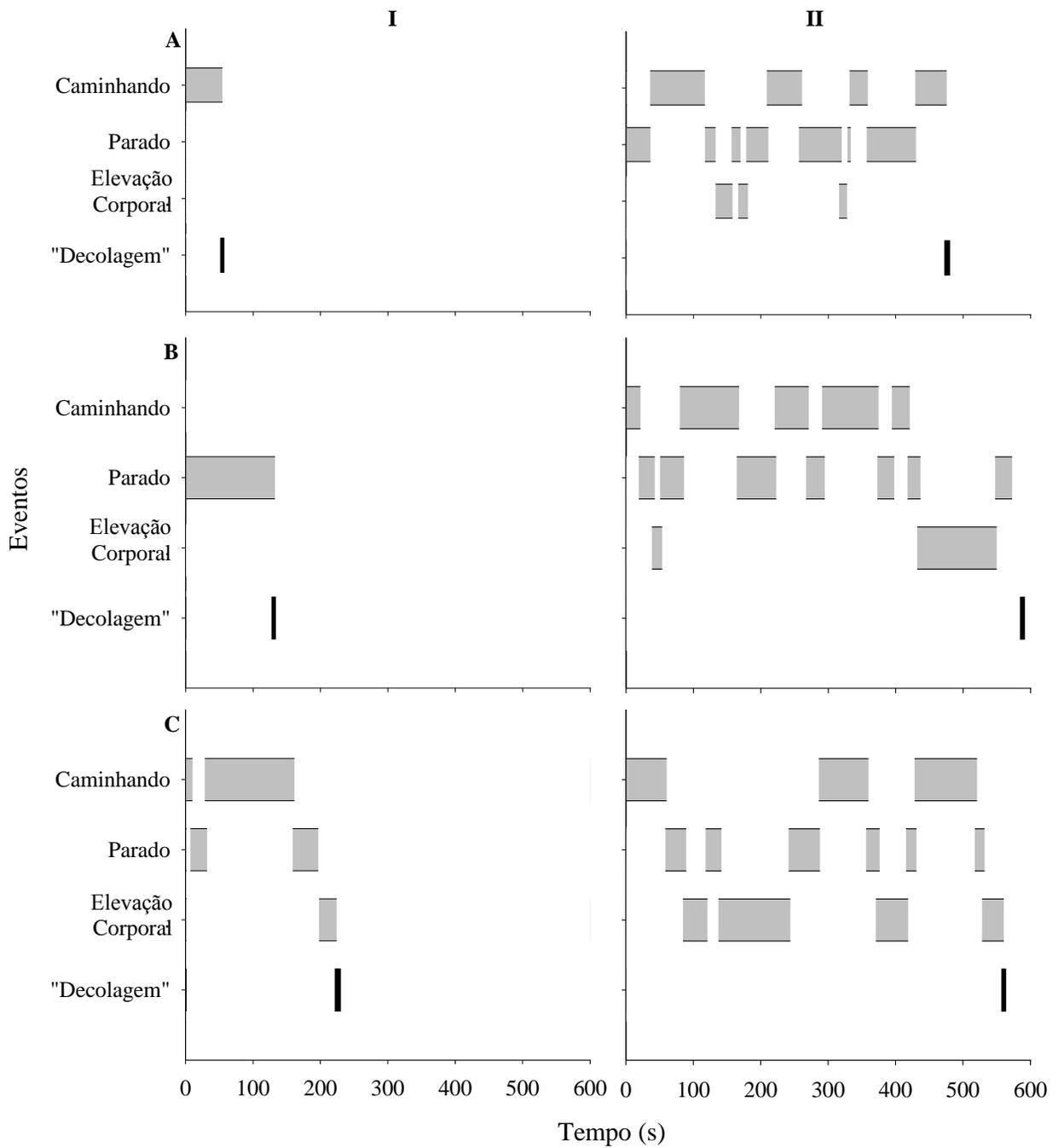


Figura 7. Etogramas do comportamento de dispersão aérea de *Aceria guerreronis*. Ácaros que exibiram baixo (I) e elevado (II) número de eventos até a "decolagem". Dispersão aérea enquanto o ácaro estava caminhando (A) ou parado sobre o substrato (B) ou exibindo uma postura corporal elevada (C).

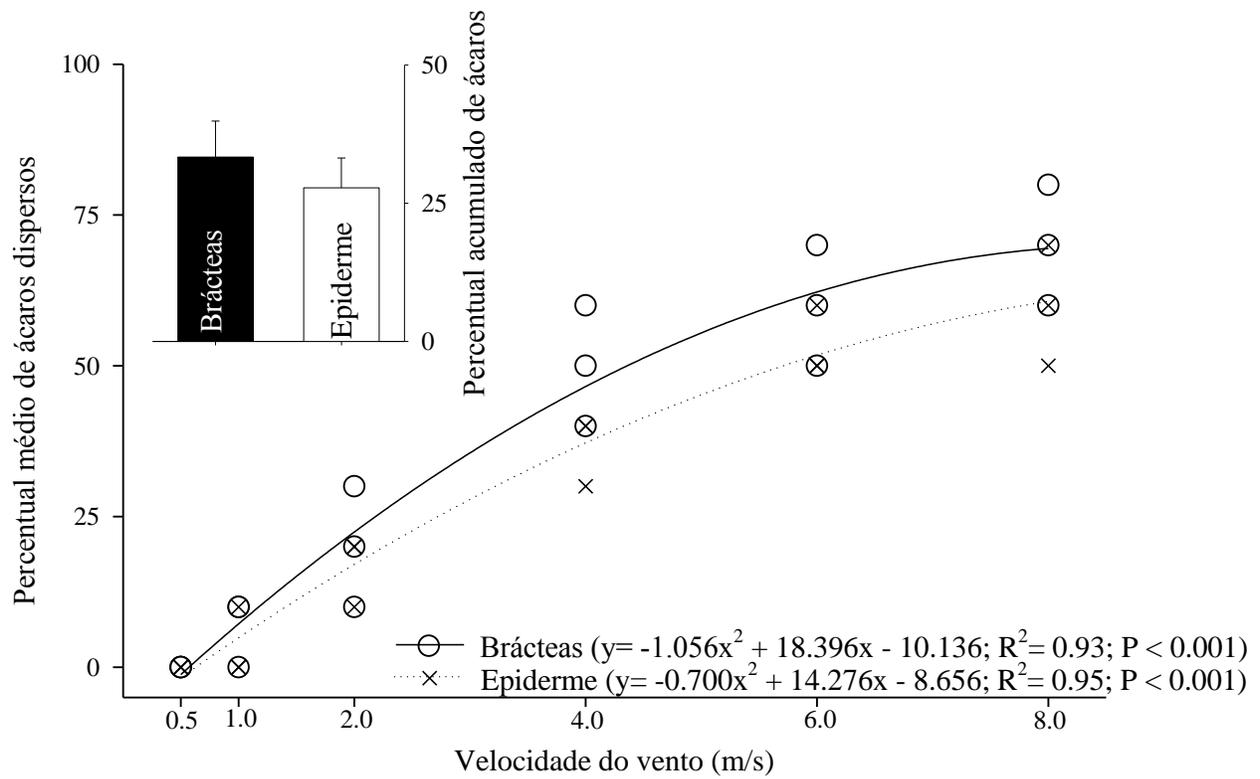


Figura 8. Dispersão de *Aceria guerreronis* pelo vento sobre diferentes substratos e velocidades do vento. Médias seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Tabela 1. Resposta de "decolagem" e postura corporal elevada de *A. guerreronis*, sobre diferentes condições e substratos (n= 100 para cada experimento).

Substrato	"decolagem" (%)				
	Velocidade do vento	I ^a	II ^b	III ^c	Total ^d
Epiderme de frutos infestados	Sem fluxo de ar	-	-	-	-
Epiderme de frutos infestados	4.0 m/s	3	4	10	17
Tecido meristemático de frutos infestados	4.0 m/s	2	2	3	7
Tecido meristemático de frutos não infestados	4.0 m/s	2	1	5	8

Substrate	Postura corporal elevada (%)		
	Velocidade do vento	Não dispersos ^d	Total ^e
Epiderme de frutos infestados	Sem fluxo de ar	8	8
Epiderme de frutos infestados	4.0 m/s	22	29
Tecido meristemático de frutos infestados	4.0 m/s	20	24
Tecido meristemático de frutos não infestados	4.0 m/s	9	12

^a Porcentagem de ácaros que exibiram postural corporal elevada no momento da "decolagem".

^b Porcentagem de ácaros que exibiram postural corporal elevada em algum momento antes da "decolagem".

^c Porcentagem de ácaros dispersos que não exibiram postural corporal elevada.

^d Porcentagem de ácaros não dispersos que exibiram postural corporal elevada.

^e Porcentagem de ácaros que exibiram postural corporal elevada independente da dispersão.

Tabela 2. Análise de variância do efeito do substrato e velocidade do vento na dispersão aérea de *Aceria guerreronis*

Fonte de variação	gl	QM	<i>F</i>	<i>P</i>
Substrate	1	0.0336	6.05	0.0215
Wind speed	5	0.4516	81.29	<.0001
Substrate x Wind speed	5	0.0336	0.65	0.6642
Residual	24	0.1333	<.01	

gl = Graus de liberdade; QM = Quadrado médio

CAPÍTULO 4

COMPORTAMENTO DE BUSCA DO HOSPEDEIRO PELO ÁCARO-DO-COQUEIRO, *Aceria guerreronis* KEIFER

JOSÉ WAGNER DA S. MELO¹, DEBORA B. LIMA¹, MAURICE W. SABELIS², ANGELO PALLINI³ AND
MANOEL G.C. GONDIM JR¹

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

²Institute of Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Science Park 904,
1098 XH Amsterdam, The Netherlands.

³Departamento de Biologia Animal – Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter
Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C.Gondim Jr. Host Finding Behavior of the Coconut mite, *Aceria guerreronis*. A ser submetido para Exp Appl Acarol.

RESUMO – Embora os ácaros Eriophyoidea representem um grupo de pragas de importância econômica, pouco se sabe sobre seu comportamento de busca por hospedeiros. Isto é especialmente verdade para o ácaro-da-necrose-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer. Neste estudo, foi testada a hipótese de que os ácaros utilizam pistas voláteis para orientar-se para partes específicas dentro da planta hospedeira. Assim, o comportamento de forrageamento dos ácaros foi investigado em olfatômetro de tubo Y e em arenas em forma de cruz. Em olfatometro, os ácaros foram submetidos a escolhas entre as partes (folíolo, espiguetas ou frutos) de uma planta de coco não infestada ou ar. Em arenas foram oferecidos aos ácaros partes isoladas da planta (discos não-infestados de frutos de coco, pedaços de folíolos ou pólen de coco) ou ar, sendo o contato com a parte da planta permitido. Adicionalmente, dois experimentos em séries temporais foram realizados, sendo o contacto permitido em um, mas não no outro. Os experimentos em séries temporais foram realizados apenas com as partes da planta que se mostraram atrativas anteriormente. Em olfatometro, nenhum ácaro foi encontrado na extremidade oposta do ponto de liberação e menos de 5% dos ácaros foram capazes de ultrapassar a bifurcação do Y. Em arenas, no entanto, um grande número de ácaros foi encontrado em contato com discos de frutos. Os experimentos em séries temporais mostraram que o número de ácaros é maior na fonte atrativa apenas quando o contato com esta é permitido. Os resultados sugerem que pistas voláteis parecem não mediar o comportamento de busca do ácaro-da-necrose-do-coqueiro.

PALAVRA-CHAVE: *Cocos nucifera*, volateis, resposta olfativa, Acari, ácaros eriofídeos

HOST FINDING BEHAVIOR OF THE COCONUT MITE, *Aceria guerreronis* KEIFER

ABSTRACT – Although Eriophyoid mites are an economically significant group of pest, not much is known about their host finding behaviour. This is especially true for the coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer. In this study, we tested the hypothesis that the coconut mites use volatile information emanating from the plant to reach a specific plant part within their host plants. Thus, the foraging behavior of the coconut mites was investigated in a Y-tube olfactometer and in cross-shaped arenas. The mites were allowed to choose between the odours from specific parts (leaflet, spikelet or fruit) of a non-infested coconut plant or a clean air stream. Using cross-shaped arenas, the mites were offered isolated parts (non-infested discs of coconut fruit, pieces of leaflets or coconut pollen) or clean air stream where contact with plant parts was allowed. In addition, two time series experiments were performed, and contact with plant parts was allowed in one but not in the other series. The time series experiments were performed only with plant parts previously observed to accumulate a large number of mites. In the olfactometer experiments, no mites were found at opposite ends of the release, less than 5% of the mites were able to pass the bifurcation of the "Y". On the arenas, however, a large number of coconut mites was found only at the end containing discs of fruit epidermis. Time series experiments showed that this only occurs when contact with plant parts was allowed. The results suggest that volatile cues seems do not mediate the searching behavior of coconut mites.

KEY WORD: *Cocos nucifera*, volatile, olfactory response, Acari, eriophyoid mites

Introdução

A localização do hospedeiro é uma das etapas mais importantes do ciclo de vida de um organismo. Para os organismos herbívoros pequenos, como os ácaros, com habilidades locomotoras limitadas, a planta hospedeira não é apenas uma fonte de alimento, mas um habitat para viver por várias gerações. Apesar dos ácaros herbívoros constituírem um grupo economicamente significativo de pragas, não se sabe muito sobre seu comportamento de localização do hospedeiro. Isto é especialmente verdadeiro para o ácaro do coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae). Este pequeno ácaro (~ 200 micrômetros), encontra-se no perianto, tecido meristemático dos frutos do coqueiro. É provavelmente um fitófago altamente especializado e é conhecido por sua estrita associação com *Arecaceae* (Flechtmann 1989, Santana & Flechtmann 1998, Gondim Jr. *et al.* 2000, Navia & Flechtmann 2002, Ramaraju & Rabindra 2002, Ansaloni & Perring 2004, Navia *et al.* 2007). A maior parte da informação relativa à relação entre o ácaro do coqueiro e seu hospedeiro foi inferida a partir da observação da prevalência ou extensão dos danos em coqueiros, mas a sua capacidade de reconhecer o hospedeiro não é clara.

A colonização de novos frutos pelo ácaro do coqueiro pode ocorrer através de diversos meios. Dentro da planta infestada, a população do ácaro aparece continuamente para se mover para cima, provavelmente através das espiguetas que podem servir como uma ponte entre cachos mais velhos (frutos infestados) para os mais jovens (frutos não-infestados) (Griffith 1984, Moore & Alexander 1987, Sumangala & Haq 2005, Galvão *et al.* 2012, Melo *et al.* 2012). Espiguetas de diferentes cachos podem tocar umas nas outras pela força do vento ou se dobrar devido ao peso dos frutos. O transporte a longa distância para eriofiídeos é normalmente realizado via aérea, usando vento e mecanismos de dispersão forética (Jeppson *et al.* 1975, Sabelis & Bruin 1996, Michalska *et al.* 2009, Galvão *et al.* 2012). No entanto, os ácaros Eriophyoidea não apresentam adaptações estruturais para forese (Lindquist & Oldfield 1996). Além disso, os ácaros

Eriophyoidea não são seletivos em relação aos seus "vetores" (Shvanderov 1975, Michalska *et al.* 2009). Estas constatações levam à conclusão de que a utilização de "vetores" por ácaros Eriophyoidea é um comportamento acidental. A dispersão aérea é considerada a principal estratégia de dispersão dos Eriophyoidea, conforme relatado a partir de vários estudos utilizando armadilhas ou placas adesivas (Nault & Styer 1969, Lindquist & Oldfield 1996, Zhao & Amrine 1997a, b, Galvão *et al.* 2012). A dispersão aérea ocorre principalmente à noite (Moore & Alexander 1987, Galvão *et al.* 2012) , e envolve fêmeas inseminadas (Moore & Howard 1996). As correntes de ar podem transportar os ácaros para cachos ou para as folhas mais verticais na coroa, a partir do qual eles podem cair para cachos mais novos da planta (Moore & Howard 1996). Apesar de coqueiros proporcionarem um alvo grande (devido a altura da planta e também por ter várias estruturas, tais como folhas, espiguetas, raque e cachos) para organismos dispersos aereamente, a mortalidade associada a este processo é provavelmente muito elevada (Moore & Alexander 1987, Moore & Howard 1996) e a probabilidade de chegar ao fruto provavelmente é muito baixa, não só porque a direção do vento é independente da posição dos ácaros, mas também porque os ácaros não podem parar no ar quando está se dispersando, a fim de chegar em hospedeiros específicos.

Após a "aterrizagem" em um hospedeiro a baixa mobilidade ambulatorial força o ácaro do coqueiro a decidir se pretende permanecer ou "decolar" em outra "viagem" de longa distância. Uma vez em uma planta hospedeira adequada, o ácaro do coqueiro pode procurar por pistas específicas relacionadas com o fruto, que acabaria por levá-lo ao seu habitat. A ausência de olhos transforma estes ácaros dependentes de estímulos tácteis e/ou químicos para facilitar a localização dos frutos. No entanto, Lindquist & Oldfield (1996) sugeriram que os Eriophyoidea parecem não ter qualquer mecanismo de localização hospedeira. No entanto, estes autores ignoraram os solenídeos dos ácaros presentes no tarso de pernas I e II, que são órgãos sensoriais que podem

informar ao ácaro, a composição química do substrato ou a composição da camada laminar de ar por cima do substrato das plantas. A interação química da planta hospedeira com o solenídeo, especialmente a capacidade de ácaros Eriophyoidea em discriminar entre os milhares de compostos voláteis sobre a superfície da planta e ser atraídos por apenas uns poucos deles ainda é pouco explorado. O objetivo do presente estudo foi explorar a capacidade de localização hospedeira do ácaro do coqueiro. Foi testada a hipótese de que os ácaros usam informações voláteis que emanam da planta para chegar a uma parte específica da planta dentro do hospedeiro.

Material e métodos

Coleção de A. guerreronis e partes de plantas

Frutos de *Cocos nucifera* L. infestados com *A. guerreronis* foram coletados na ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco (07 ° 46 'S, 34 ° 52'W). Os frutos foram transportados para o laboratório e mantidos em condições controladas (27 ± 1,0 ° C, 75 ± 10 % de umidade relativa [RH] e fotofase de 12 horas). Os ácaros utilizados nos experimentos foram coletados a partir de frutos que tinham sido armazenados no máximo durante cinco dias.

Para obter a fonte de odor (partes da planta), o procedimento descrito por Melo *et al.* (2011) foi adotada para minimizar a chance de se utilizar erroneamente frutos levemente infestados como frutos não infestados . Este processo envolveu a coleta de um cacho de três coqueiros, não contendo aparentemente frutos infestados. Os cachos foram levados para o laboratório, onde 10 % dos frutos foram examinados quanto à possível presença de ácaros nas brácteas, usando um microscópio estereoscópico. O exame foi realizado nas brácteas removidas, bem como sobre a superfície subjacente dos frutos. Partes de plantas não-infestadas para este estudo foram coletadas daquelas plantas cujos cachos não foram encontradas infestações no exame laboratorial. Sessenta folíolos da folha 10 (atribuindo 0 a folha recém aberta e contando as

folhas subsequentes, de acordo com Passos 1994), 20 espiguetas (antes da fecundação, com flores masculinas e femininas) e 10 frutos (cerca de 3 meses de idade) foram coletadas. As estruturas foram colocadas em sacos plásticos, os quais foram então colocados em uma caixa de isopor e levadas para o laboratório onde foram mantidos durante 2 dias a 20 °C e 70% RH até à utilização nos experimentos.

Experimentos em olfatômetro

O olfactômetro consistiu de um tubo de vidro em forma de Y (27 cm de comprimento x 3,5 mm de diâmetro interno) (Sabelis & Van de Baan 1983). A base do tubo foi ligada a uma bomba de ar, que produziu um fluxo de nos braços do tubo para a base. O fluxo de ar através de ambos os braços do tubo em forma de Y foi calibrado com um medidor de fluxo digital com válvulas de agulha colocado entre a saída de ar das fontes de odor e os braços do olfactômetro. Quando a velocidade do vento em ambos os braços são iguais, os odores formam dois campos nitidamente separados na base do tubo Y. Caixas de acrílico (50 cm x 36 cm x 43 cm), contendo as fontes de odor foram ligados por um tubo transparente para o final de cada um dos dois braços do Y. As caixas foram utilizadas para as seguintes fontes de odor: (1) ar limpo e (2) partes da planta (folíolos ou espiguetas ou fruto) de coqueiro. Quando o sistema estava ligado, um fluxo de ar proveniente das caixas passava através do tubo - os ácaros para serem testadas foram introduzidos na base do tubo, caminhou contra o vento no interior do tubo, para tomar uma decisão de uma das duas fontes de odor na junção do “Y”. Os ácaros foram testados em diferentes velocidades de vento (0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45 ou 0,5 m/s em cada braço, medido através de anemômetros digitais e calibrados por registros manuais), tempo de privação alimentar (0,5; 1,0 ou 2 horas), tempo dentro do tubo (2 ou 4h) e condições de iluminação (presença ou ausência de luz). Todas as combinações foram testadas, e para cada combinação, duas repetições foram feitas utilizando-se diferentes conjuntos de partes de plantas e

ácaros. Em cada repetição, um grupo de 100 ácaros de idade desconhecida foi transferido de frutos infestados para o tubo. Quando a extremidade de um braço do tubo não era alcançado pelo ácaro, considerou-se que nenhuma escolha era feita.

Arenas

A arena experimental apresentava um formado de cruz feita com PVC preto (Fig. 1a). Cada arena foi colocada para flutuar na água, em uma placa de Petri (9 cm de diâmetro). Para verificar a adequação e não-direcionalidade do experimento, um ensaio em branco foi realizado inicialmente. Neste teste, dois discos de epiderme de um fruto não infestado (7 mm de diâmetro) foram colocadas na extremidade de cada braço da arena em forma de cruz (para cima, para a direita, para a esquerda e para baixo). Frutos não infestados foram obtidos como descrito anteriormente. Posteriormente, 200 ácaros com idade desconhecida (50 ácaros por repetição) foram transferidos a partir de frutos infestados para o centro da área em forma de cruz (ponto de liberação). Após 30 min, 1, 2, 3 e 4 h foram registrados o número de ácaros que atingiram as extremidades de cada braço e o número de ácaros disperso na arena (e, assim, indiretamente, também o número de "ácaros afogados" – ácaros não encontrados). Após a verificação da adequação da arena, os ácaros foram oferecidos para escolher entre as partes da planta (discos não-infestadas de epiderme de frutos ou pedaços de folíolos ou de pólen de coqueiro) e ar. Apenas um braço recebeu as fontes, os demais permaneceram vazios. As medições foram feitas apenas 3h após o lançamento, pois ficou demonstrado ser este o tempo de resposta ótima no teste em branco. A metodologia de avaliação foi semelhante aos testes em branco. O experimento foi repetido 4 vezes.

Além disso, foram realizados dois experimentos de séries temporais. Em um deles, a arena foi modificada tal como na figura 1b, de forma a não permitir o contacto dos ácaros com as partes da planta, e no outro experimento, nada foi feito para evitar tal contato. As séries de experimentos

foram realizados apenas com partes de plantas que mostraram anteriormente uma grande acumulação de ácaros em torno delas. As medições foram efectuadas a intervalos de 15; 30 min; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 e 4 horas após a liberação da mesma maneira do teste em branco, com 4 repetições. Para todos os experimentos, a percentagem de ácaros que atingiram as extremidades de cada braço foi comparada por um teste de χ^2 ($\alpha = 0,05$), com a fracção esperada de 0,25 e 0,75 para o braço com e sem a fonte de odor, utilizando Proc FREQ do SAS (SAS Institute 2002) .

Resultados

Experimentos olfatômetro

Independente da parte da planta, da velocidade do vento, do tempo de privação alimentar, do tempo de permanência do ácaro no interior do tubo e das condições de iluminação, menos de 5 % dos ácaros foram capazes de ultrapassar a bifurcação do "Y " e não foram encontrados ácaros nas extremidades opostas a liberação.

Arenas

Não foram observadas diferenças significativas entre o número de ácaros em cada braço no ensaio em branco, em qualquer período de avaliação, indicando a adequação do procedimento experimental. Entre os períodos de avaliação, o período de 3 horas após a liberação foi considerado o mais adequado, dado que grande número de ácaros foi encontrado nas extremidades da arena e um pequeno número de ácaros não foi recuperado ("afogado") (Fig. 2A).

Quando partes da planta não-infestada (discos não-infestados da epiderme dos frutos de coqueiro, pedaços de folíolos ou pólen de coqueiro) foram oferecidos em uma das extremidades da arena, cerca de 80% do total de 200 ácaros foram recapturados e o percentual de ácaros encontrados nas extremidades variou de 51-62 % do total (Fig. 2B). No entanto, apenas no ensaio

com discos de epiderme não infestada mais ácaros foram encontrados nas extremidades com a fonte atrativa (fig. 3).

Nos experimentos de séries temporais, quando o contato com a fonte atraente era permitido, observou-se que nas primeiras avaliações (15 min a 2,5 h após a liberação), houve uma distribuição uniforme de ácaros nas extremidades ($\chi^2 < 1,665$, $P > 0,1969$). No entanto, até 3 horas após o início do experimento, significativamente mais ácaros foram encontradas nas extremidades que continha as partes das plantas ($\chi^2 > 5,478$, $P < 0,0192$) (Fig. 4A). Quando o contato com as partes da planta não foi permitido, não foram observadas diferenças significativas entre o número de ácaros em cada braço, em qualquer período de avaliação ($\chi^2 < 0,6012$, $P > 0,4381$) (Fig. 4B).

Discussão

Nas arenas testadas, um grande número de ácaros do coqueiro foi encontrado apenas nas extremidades que continham discos de epiderme de frutos (experimentos em que o contacto com as partes das plantas foi permitido). Este resultado era esperado, já que o ácaro do coqueiro se desenvolve apenas nos frutos, o que não justificaria a atração exercida por outra fonte (pedaços de folíolos ou pólen de coqueiro). As explicações possíveis para estes resultados são: (1) liberações de voláteis de frutos podem ser detectadas pelo ácaro do coqueiro, ou (2) os ácaros do coqueiro encontram aleatoriamente os discos de epiderme de frutos e permanecem lá porque os discos representam uma fonte de alimento, bem como abrigo para eles. Se a primeira hipótese for verdadeira, um grande número de ácaros teria sido encontrado nas extremidades que contêm os discos de epiderme de frutos, quando o contato com os discos não era permitido. No entanto, os experimentos de séries temporais mostraram que quando não foi permitido o contato com os discos não houve diferença no número de ácaros encontrados nas extremidades das arenas. Em contraste, quando o contacto dos ácaros com os discos de epiderme, os ácaros se distribuíram

uniformemente nas primeiras horas após o início do experimento. Contudo, três horas após o início do experimento, um grande número de ácaros se acumulou nas extremidades que continha os discos de epiderme. Estes resultados sugerem que pistas voláteis não mediam o comportamento de busca do ácaro do coqueiro.

A evidência de que os ácaros Eriophyoidea podem usar informação proveniente de voláteis das plantas hospedeiras é difícil de detectar na literatura. A capacidade do ácaro do coqueiro para detectar odores emitidos por frutos de coqueiro foi sugerido por Melo *et al.* (Capítulo 2). Neste estudo, os autores testaram se aumenta a capacidade de dispersão na presença de sinais relacionados com os alimentos. Observou-se que, na presença de sinais relacionados com os alimentos o ácaro do coqueiro percorreu distâncias maiores do que 30%, em comparação quando da ausência destas pistas. No entanto, nenhuma delas alcançou a fonte de odor dentro do tempo de observação [levando em conta a velocidade média de caminamento ($0,29 \text{ milímetros} \cdot \text{s}^{-1}$), o ácaro deverá ter atingido a fonte de odor em 10 % do tempo de observação]. As pistas voláteis podem aumentar a velocidade de caminamento do ácaro do coqueiro, mas é pouco provável que isto os ajude a se moverem em direção a fonte de odor. Uma possível explicação para a não mediação do comportamento de busca do ácaro do coqueiro por sinais voláteis poderia ser o fato de que o ácaro do coqueiro é uma espécie invasora que recentemente se adaptou ao coqueiro. Moore & Howard (1996) hipotetizaram que o hospedeiro original deste ácaro é outra palmeira que não o coqueiro, a partir da qual o ácaro se adaptou ao coqueiro, quando esta planta se expandiu para as Américas ou África. Esta hipótese foi apresentada por Navia *et al.* (2005) com base em estudos moleculares de populações da Ásia, América e África.

Como uma alternativa aos sinais voláteis como mediadores dos comportamentos de localização hospedeira, propõe-se que os sinais não-voláteis (gustativo e/ou pistas mecânicas) atuam como mediadores dos comportamentos de localização hospedeiro do ácaro do coqueiro.

Em um estudo recente realizado pela Skoracka *et al.* (2007), demonstrou-se que, após o contato com plantas hospedeiras potenciais, um Eriophyoidea (*Abacarus hystrix* (Nalepa)) pode distinguir rapidamente entre um hospedeiro familiar e um hospedeiro não familiar. Em sua planta hospedeira, os ácaros não estavam ativos e mostraram pouca tendência a se movimentar. Considerando que, em plantas não hospedeiras, os ácaros foram mais ativos e móveis, gastando mais tempo caminhando sobre toda a superfície da planta, mostrando uma tendência a se dispersar. No entanto, nota-se que é uma hipótese nova e requer testes.

Os resultados aqui apresentados sugerem que pistas voláteis parecem não mediar o comportamento de localização ácaro do coqueiro. Pistas específicas envolvidas no encontro do hospedeiro continuam a ser descobertos. A capacidade do ácaro do coqueiro para usar sinais não-voláteis (gustativos e/ou estímulos mecânicos) como mediadores de localização hospedeira deve ser estudada.

Agradecimentos

Agradecemos a Dra. Izabela Lesna pela crítica avaliação do manuscrito. O presente estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq – MCTI nº 14/2012 (Proc. 472713/2012-4)] do governo do Brasil. O pesquisador J.W.S. Melo recebeu bolsa de formação (Doutorado e Doutorado sanduiche) pelo CNPq [MCT nº 70/2009 (Proc. 147462/2010-0) e SWE/CSF (Proc. 202488/2011-0)].

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.

- Bruce, T.J.A., M.A. Birkett., J. Blande, A.M. Hooper, J.L. Martin, B. Khambay, I. Prosser, L.E. Smart & L.J. Wadhams. 2005.** Response of economically important aphids to components of *Hemizygia petiolata* essential oil. *Pest Manag. Sci.* 61: 1115-1121.
- Dethier, V.G. 1982.** Mechanisms of host plant recognition. *Entomol. Exp. Appl.* 31: 49-56.
- 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: 241-241.
- 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 within coconut bunches in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 54: 373-384.
- 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.
- 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: 99-110.
- Griffith, R. 1984.** The problem of the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer), in the coconut groves of Trinidad and Tobago. In: Webb R, W. Knausenberger & L. Yntema (eds) 20th annual meeting of the Caribbean Food Crop Society. Proceedings. Coll. Virgin Islands & Caribbean Food Crops Society, Virgin Islands, pp 128-132.
- Howard, F.W., E. Abreu-Rodriguez & H.A. Denmark. 1990.** Geographical and seasonal distribution of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), in Puerto Rico and Florida, USA. *J. Agric. Univ.* 74: 237-251.
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer & E.W. Baker. 1975.** Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkeley, CA, p 614.
- Lindquist, E.E. & C.N. Oldfield. 1996.** Evolution and Phylogeny: Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plant. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin (eds) *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*, World Crop Pest, vol 6. Elsevier, Amsterdam, pp 277-300.
- 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., 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.

- Michalska, K., A. Skoracka, D. Navia & J.W. Amrine. 2009.** Behavioural studies on eriophyoid mites-an overview. *Exp. Appl. Acarol.* 51: 31-59.
- Miller, J.R. & K.L. Strickler. 1984.** Finding and Accepting Host Plants. In: Bell WJ, Carde RT (Eds) *Chemical Ecology of Insects*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
- 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.
- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin (eds) *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam, pp 561-570.
- 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.
- Navia, D. & C.H.W. Flechtmann. 2002.** Mite (Arthropoda: Acari) associates of palms (Arecaceae) in Brazil: VI. New genera and new species of Eriophyidae and Phytoptidae (Prostigmata: Eriophyoidea). *Int J Acarol* 28:121-146.
- Navia, D., G.J. Moraes, G. Roderick & M. Navajas. 2005.** The invasive coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae): origin and invasion sources inferred from mitochondrial (16S) and nuclear (ITS) sequences. *Bull. Entomol. Res.* 95: 505-516.
- Navia, D., M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2007.** Eriophyoid mites (Acari: Eriophyoidea) associated with palm trees. *Zootaxa* 1389: 1-30.
- 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.
- Sabelis, M.W. & J. Bruin. 1996.** Evolutionary ecology; life history patterns, food plant choice and dispersal. In: Lindquist, E.E., M.W. Sabelis & J. Bruin (eds) *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam, pp 329-366.
- Sabelis, M.W. & H.E. van de Baan. 1983.** Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. *Entomol. Exp. Appl.* 33: 303-314.
- Santana, D.L.Q. & C.H.W. Flechtmann. 1998.** Mite (Arthropoda: Acari) associates of palms (Arecaceae) in Brazil. I. Present status and new records. *Rev. Brasil. Zool.* 15: 959-963.
- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Shvanderov, F.A. 1975. The role of phoresy in the migration of eriophyid mites (Eriophyoidea). Zool Zh 54: 458-461.

Sumangala, K. & M.A. Haq. 2005. Diurnal periodicity and dispersal of Coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer. J Ent Res 29: 303-307.

Zhao, S. & J.W. Amrine 1997a. A new method for studying aerial dispersal behaviour of eriophyoid mites (Acari: Eriophyoidea). Syst Appl Acarol 2:107-110.

Zhao, S. & J.W. Amrine. 1997b. Investigation of snowborne mites (Acari) and relevance to dispersal. Int JAcarol 23: 209-213.

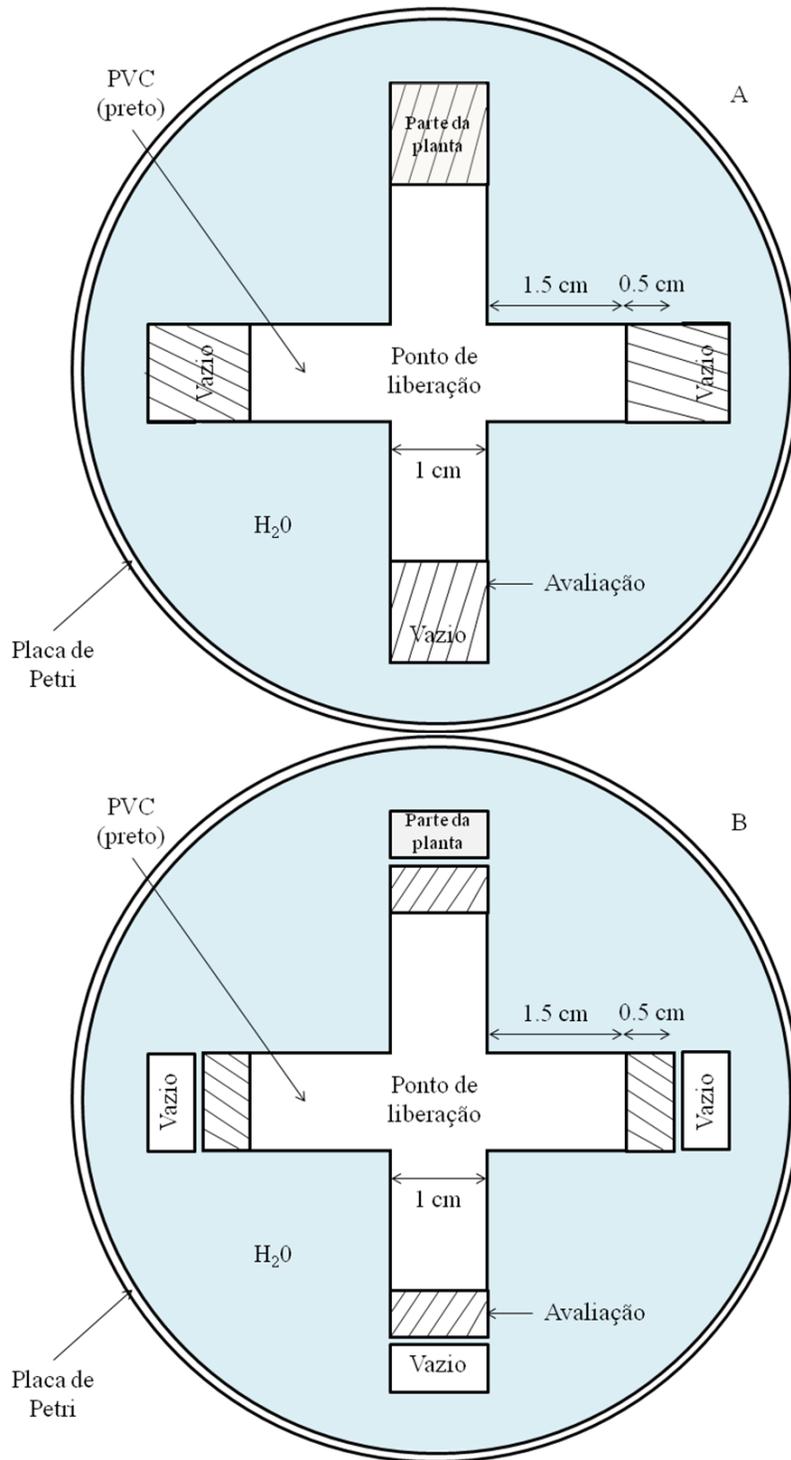


Figura 1. Arena experimental, em forma de cruz, onde o contato com as partes da planta foi permitido (A) e sem contato (B).

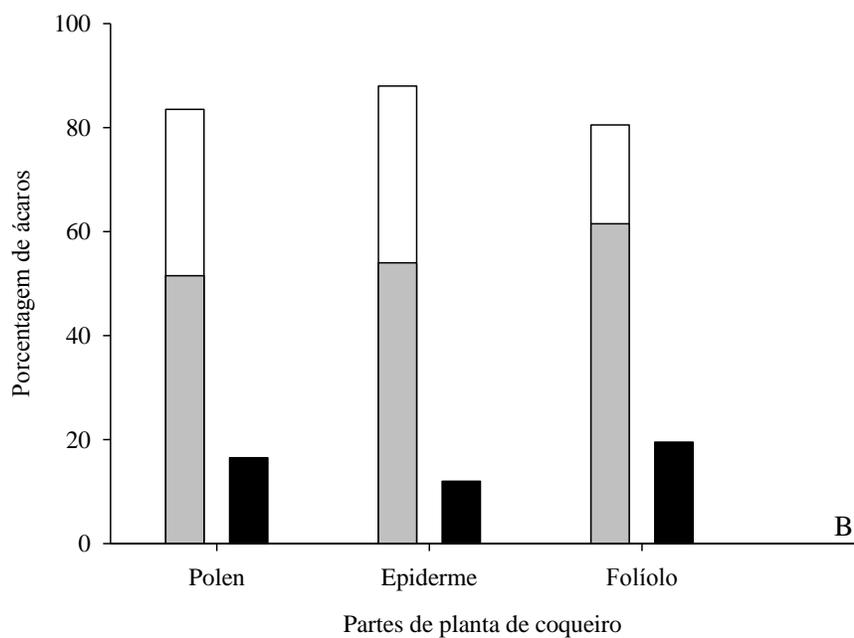
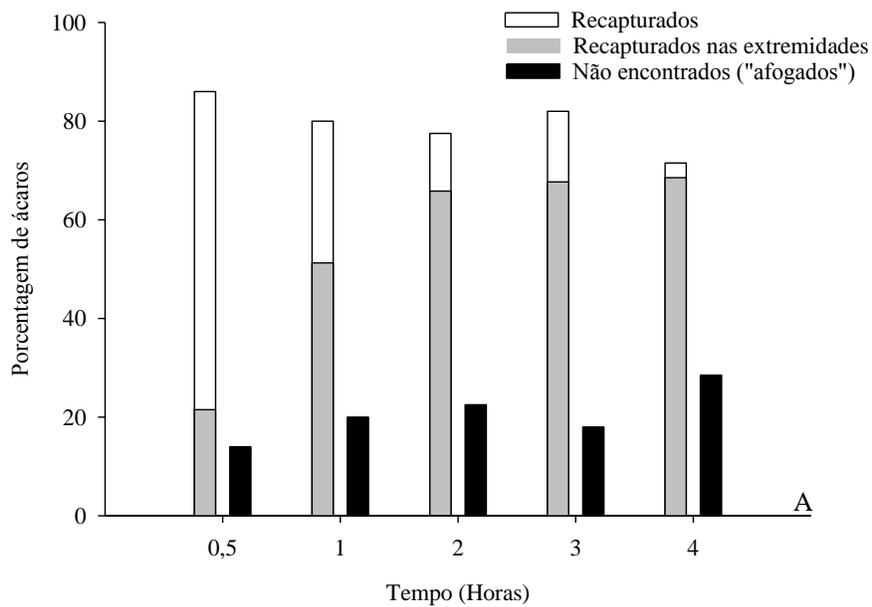


Figura 2. Número médio de ácaros do coqueiro recapturados, recapturados nas extremidades da arena e não encontrados, no teste em branco (discos de epidermes oriundos de frutos não infestados em cada extremidade da arena) (A) e no teste atrativo (discos oriundos de frutos não infestados, pedaços de folíolo ou pólen, colocados apenas em uma extremidade) (B).

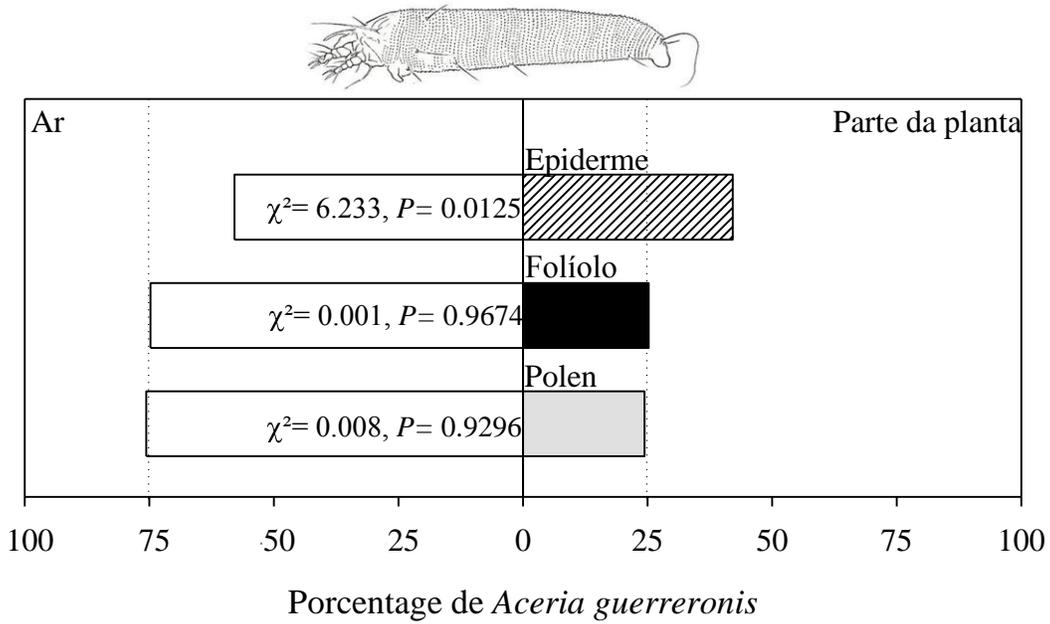


Figura 3. Resposta de *Aceria guerreronis* a partes de planta de coqueiro em arenas do tipo cruz. Cada barra corresponde a um total de quatro repetições independentes. O somatório das repetições foram testados com teste χ^2 com frações esperadas de 25 e 75% para as extremidades com e sem partes de plantas respectivamente. Linhas pontilhadas representam as frações esperadas.

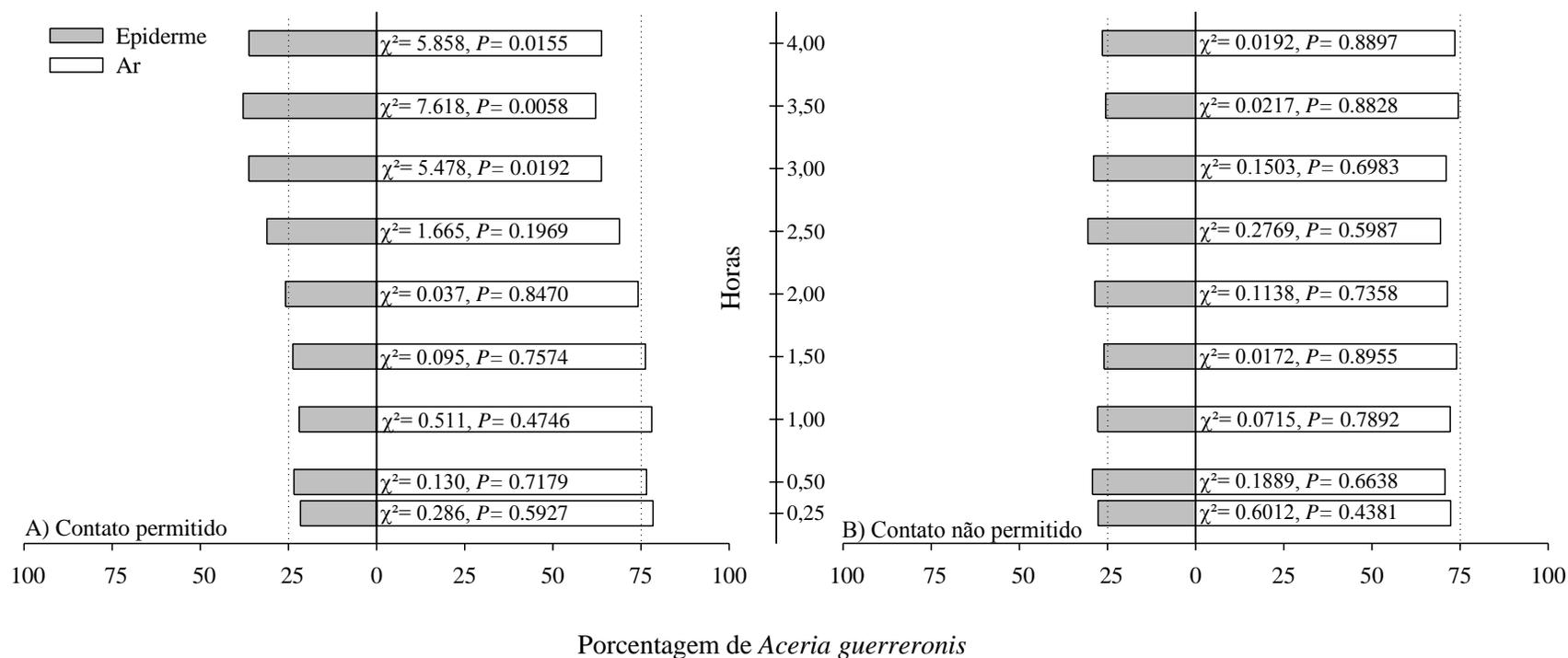


Figura 4. Resposta de *Aceria guerreronis* a discos de epidermes oriundos de frutos não infestados em arenas do tipo cruz, ao longo do tempo. Na figura "A" o contato com a parte da planta foi permitido enquanto que na figura "B" o contanto não foi permitido. Cada barra corresponde a um total de quatro repetições independentes. O somatório das repetições foram testados com teste χ^2 com frações esperadas de 25 e 75% para as extremidades com e sem partes de plantas respectivamente. Linhas pontilhadas representam as frações esperadas.