

Raoiella indica HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE): HOSPEDEIROS NATIVOS NO BRASIL
E POTENCIAL DE *Amblyseius largoensis* MUMA (ACARI: PHYTOSEIIDAE) PARA SEU
CONTROLE BIOLÓGICO

por

CRISTINA ANTONIA GÓMEZ MOYA

(Sob Orientação do Professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior - UFRPE)

RESUMO

A expansão da praga invasora *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no Brasil pode causar impacto negativo a espécies nativas, especialmente da família Arecaceae. Visando ao estabelecimento de um programa de controle biológico, investigou-se: (1) o potencial reprodutivo de *R. indica* pela estimativa da taxa instantânea de reprodução (r_i); (2) a biologia de *R. indica* em potenciais hospedeiros nativos e exóticos do Brasil; (3) a condição mínima de umidade relativa do ar em que o ácaro predador *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) se desenvolve, reproduz e sobrevive; e (4) a distribuição geográfica mundial de *A. largoensis*. Os resultados mostraram que as espécies vegetais *Adonidia merrillii*, *Astrocaryum jauari*, *Bactris simplicifrons*, *Cocos nucifera*, *Heliconia psittacorum*, *Mauritia flexuosa*, *Phoenix dactylifera* e *Socratea exorrhiza* são hospedeiras de *R. indica*. Mostraram também que as espécies *Alpinia rosea*, *Astrocaryum aculeatum*, *Attalea maripa*, *Bactris gasipaes*, *Elaeis guineensis*, *Euterpe precatoria* e *Euterpe oleracea* não são hospedeiras, pois *R. indica* não se desenvolveu nestas plantas. *Bactris maraja*, *Oenocarpus bacaba*, *Oenocarpus bataua* e *Musa x paradisiaca* (variedade Prata) foram consideradas hospedeiras secundárias. *Amblyseius largoensis* não se desenvolveu a umidade relativa do ar igual ou inferior a 72% e 27 °C. A taxa intrínseca de crescimento populacional

variou de -0,009 a 0,272, e o tempo da geração diminuiu de 21 para 11 dias nas umidades de 66 a 98%, respectivamente. A maioria (73%) dos relatos de ocorrência de *A. largoensis* encontra-se no clima tropical, especialmente nos subtipos Aw (Savana com inverno seco), monção (Am) e floresta muito úmida (Af). Os resultados indicam que climas áridos, com baixas umidades relativas do ar, impedem a ocorrência natural de *A. largoensis*, como o bioma semiárido Caatinga do Nordeste do Brasil. Portanto, torna-se necessário para o controle biológico de *R. indica* a busca de outros inimigos naturais mais adaptados a esse tipo de clima.

PALAVRAS-CHAVE: Arecaceae, ácaros, taxa de reprodução instantânea, biologia, umidade relativa do ar, distribuição geográfica.

Raoiella indica HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE): HOSTS NATIVE TO BRAZIL AND
POTENTIAL of *Amblyseius largoensis* MUMA (ACARI: PHYTOSEIIDAE) FOR ITS
BIOLOGICAL CONTROL

by

CRISTINA ANTONIA GÓMEZ MOYA

(Under the Direction of Professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior - UFRPE)

ABSTRACT

The expansion of the invasive specie *Raoiella indica* Hirst in Brazil could negatively impact the native species, especially the Arecaceae family. Aiming at the establishment of a biological control program, we investigated: (1) the reproductive potential of *R. indica* by estimating the instantaneous rate of increase (r_i); (2) the biology *R. indica* in potential native and exotic hosts from Brazil; (3) the minimum condition of relative humidity to the predatory mite *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) to develop, reproduce and survive and (4) the global geographic distribution of *A. largoensis*. The results showed that plant species *Adonidia merrillii*, *Astrocaryum jauari*, *Bactris simplicifrons*, *Cocos nucifera*, *Heliconia psittacorum*, *Mauritia flexuosa*, *Phoenix dactylifera* e *Socratea exorrhiza* are good hosts of *R. indica*. The results also showed that the species *Alpinia rosea*, *Astrocaryum aculeatum*, *Attalea maripa*, *Bactris gasipaes*, *Elaeis guineensis*, *Euterpe precatoria* and *Euterpe oleracea* are not good hosts for *R. indica* because it not developed in these plants. *Bactris maraja*, *Oenocarpus bacaba*, *Oenocarpus bataua* and *Musa x paradisiaca* (variedade Prata), were considered secondary host. *Amblyseius largoensis* did develop at 27 °C and relative humidity at or below 72%. The intrinsic rate of increase ranged of -0.009 to 0.272, and the generation time decreased from 21 to 11 days at

Raoiella indica HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE): HOSPEDEIROS NATIVOS NO BRASIL
E POTENCIAL DE *Amblyseius largoensis* MUMA (ACARI: PHYTOSEIIDAE) PARA SEU
CONTROLE BIOLÓGICO

por

CRISTINA ANTONIA GÓMEZ MOYA

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

Julho – 2016

Raoiella indica HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE): HOSPEDEIROS NATIVOS NO BRASIL
E POTENCIAL DE *Amblyseius largoensis* MUMA (ACARI: PHYTOSEIIDAE) PARA SEU
CONTROLE BIOLÓGICO

por

CRISTINA ANTONIA GÓMEZ MOYA

Comitê de Orientação:

Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior – UFRPE

Gilberto Jose de Moraes – ESALQ/USP

Elisangela Gomes Fidelis de Moraes – EMBRAPA Roraima

Raoiella indica HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE): HOSPEDEIROS NATIVOS NO BRASIL
E POTENCIAL DE *Amblyseius largoensis* MUMA (ACARI: PHYTOSEIIDAE) PARA SEU
CONTROLE BIOLÓGICO

por

CRISTINA ANTONIA GÓMEZ MOYA

Orientador: _____
Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior – UFRPE

Examinadores: _____
Reginaldo Barros – UFRPE

Aleuny Coutinho Reis – UFRPE

Wendel José Teles Pontes – UFPE

Carla P. Oliveira de Assis – Embrapa Semiárido

Ficha catalográfica

G633r Gómez Moya, Cristina Antonia
 Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae): hospedeiros
 nativos no Brasil e potencial de *Amblyseius largoensis* Muma
 (Acari: Phytoseiidae) para seu controle biológico / Cristina Antonia
 Gómez Moya. – Recife, 2016.
 68 f. : il.

 Orientador: Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior.
 Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Universidade
 Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia,
 Recife, 2016.
 Referências.

 1. Arecaceae 2. Ácaros 3. Taxa de reprodução instantânea
 4. Biologia 5. Umidade relativa do ar 6. Distribuição geográfica
 I. Gondim Junior, Manoel Guedes Corrêa, orientador II. Título

CDD 632.7

DEDICATÓRIA

A Ony e a Karol, minhas filhas.

A Ona e a Carlos, meus pais.

In memoria, a meu irmão José Daniel.

Ao Brasil, pela oportunidade.

AGRADECIMENTOS

Aos que de alguma maneira ou outra tornaram possível este trabalho. Especialmente:

À Universidade Federal Rural de Pernambuco/Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola pelos estudos realizados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação/PEC-PG pela bolsa de estudo concedida.

À Embrapa Roraima pela colaboração no desenvolvimento dos trabalhos.

Aos Professores Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. (UFRPE), Gilberto José de Moraes (ESALQ/USP) e Elisângela Gomes Fidelis de Moraes (EMBRAPA Roraima), por fazerem parte da equipe de trabalho, a orientação da tese e o aprendizado durante os anos de estudos.

Aos professores do Programa de Entomologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente a José Vargas, Edmilson Jacinto Marques, Hebert Siqueira, Jorge Braz Torres, Claudio Câmara e Paschoal Grossi (UFRPE) pelo apoio, amizade e conhecimentos transmitidos. Também agradeço aos Professores Carlos H.W. Flechtmann (ESALQ/USP), Dave Moore (CABI), Wagner Melo (UFC), Jesus Pinto e Alci Lock (UFPEL), pela amizade e colaboração.

Aos examinadores Professor Reginaldo Barros e Dra. Aleuny Coutinho Reis (UFRPE), Professor Wendel José Teles Pontes (UFPE) e Carla Patricia Oliveira de Assis (Embrapa Semiárido), pela revisão e aporte ao presente documento.

À equipe da EMBRAPA Roraima, especialmente Dr. Oscar Smiderle, Dr. José Mattioni, Mário Coelho, Adevaldo Teles e Hugo da Costa, pela colaboração e conhecimentos compartilhados.

À minha grande família, especialmente a Karol Benítez, Onhilda Benítez, Onésima María Moya, Carlos Antonio Gómez, Jacqueline Gómez, Inmaculada Gómez, Afra Gómez, Juan Carlos Gómez, Sor Juanita Gómez, Urbano Gómez, Viviana Moronta, Ester Moronta, Luis Miguel Guzman, Carlos Miguel Gómez, Hilda Moronta, Marcos Delgado, Jorge Luis Delgado, Juan Manuel Delgado, Amada Méndez, Carlos Rodríguez e Gloria Dominguez, pelo amor e apoio sem limites. Sempre que precisei, estavam aí, sem importar a distância.

Aos amigos Leocadia Sánchez, Nicole Ribeiro, Sami Michereff, Kamila Câmara, Cleiton Domingos, Guilherme Rolim, Jaconias Neto, Thiago Alves, Paulo Barbosa, Lucas Arruda, Vaneska Monteiro, Vanesa Farias, Cecília Sanguinetti, Antônio Almeida, Luza Rodrigues, Talita Lima, Mauro Pacheco, Alleuda Pacheco, Daniel Oliveira, Jonatan Cubides, Luzy Rodríguez, Darci Martins, Marcelo Medeiros, Vera Lúcia de Sá e Almira Martins de Sá, pela colaboração e amizade no transcorrer da minha vida na UFRPE e na EMBRAPA Roraima.

Por fim, ao Núcleo de Idiomas da UFRPE, especialmente ao Prof. Julio Vila Nova e às turmas de Português e Inglês pelo aprendizado e amizade.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| AGRADECIMENTOS | ix |
| CAPÍTULOS | |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| LITERATURA CITADA..... | 10 |
| 2 HOSPEDEIROS DE <i>Raoiella indica</i> HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE) | |
| NATIVOS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA | 22 |
| RESUMO | 23 |
| ABSTRACT | 24 |
| INTRODUÇÃO | 25 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 26 |
| RESULTADOS..... | 30 |
| DISCUSSÃO..... | 32 |
| AGRADECIMENTOS..... | 35 |
| LITERATURA CITADA..... | 35 |
| 3 EFEITO DA UMIDADE RELATIVA DO AR NA BIOLOGIA DE <i>Amblyseius</i> | |
| <i>largoensis</i> Muma (ACARI: PHYTOSEIIDAE)..... | 45 |
| RESUMO | 46 |
| ABSTRACT | 47 |
| INTRODUÇÃO | 48 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 49 |

| | |
|------------------------------|----|
| RESULTADOS..... | 52 |
| DISCUSSÃO..... | 54 |
| AGRADECIMENTOS..... | 56 |
| LITERATURA CITADA..... | 57 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 68 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Dentre os principais fatores que constituem ameaça à extinção de organismos destacam-se as denominadas espécies invasoras (EINs) (Mittermeier & Scarano 2013). Isso ocorre porque tais espécies apresentam alta capacidade de movimentação através de um grande número de vias marítimas, terrestres e aéreas, sucesso no estabelecimento e domínio de novos locais (Lowe *et al.* 2000, Worner & Gevrey 2006). A expansão das EINs nas últimas décadas tem sido facilitada pela globalização, através do incremento do comércio internacional em novas rotas, mercados e produtos (Meyerson & Mooney 2007), e o impacto das EINs sobre os ecossistemas naturais e a economia custa bilhões de dólares a cada ano (Pimentel *et al.* 2005, Genovesi *et al.* 2015), afetando diretamente muitas das atividades comerciais, agrícolas e de lazer (Peña 2013, NWF 2014).

Na última década, o ácaro vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), considerada espécie invasora, tem causado sérios prejuízos na região do Caribe, na Florida (USA) e no Norte de América do Sul (Navia *et al.* 2015). Dentre as características deste ácaro, como espécie invasora, destacam-se a alta capacidade reprodutiva, a reprodução por partenogênese, a rápida disseminação e a adaptação a novos hospedeiros (Navia *et al.* 2015).

O ácaro vermelho-das-palmeiras *R. indica* é uma espécie pertencente a ordem Prostigmata e família Tenuipalpidae. O gênero *Raoiella* se caracteriza por apresentar a margem do escudo prodorsal truncada, sem projeções anteromedianas; palpo simples com dois segmentos, ambos com uma seta longa. O idiosoma no dorso apresenta 15 pares de setas. O corpo ventralmente é

estriado e apresenta apenas 4 pares de setas, incluindo o par de setas anais, que são de aspecto plumoso (Mendoza *et al.* 2005, Beard *et al.* 2012a).

Os adultos de *R. indica* apresentam setas dorsais longas, serreadas, esbranquiçadas, com a base inserida em tubérculo e a ponta espatulada. Os ovos são oblongos (mais comprido que largo) e lisos, de cor vermelha ou alaranjada; medem 90-120 μm de comprimento e 80-90 μm de largura (Sayed 1942, Welbourn 2006, Kane *et al.* 2012). Os ovos possuem num dos extremos polares um filamento de 140-170 μm de comprimento (Fig.1) (NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984, Kane *et al.* 2012). As larvas medem 90-130 μm de comprimento e 80-100 μm de largura e têm três pares de pernas. As protoninfas e deutoninfas apresentam quatro pares de pernas, assim como os adultos. O opistossoma da protoninfa (comprimento 170-190 μm , largura 130-150 μm) e deutoninfa (comprimento 220-240 μm , largura 170-190 μm) do sexo feminino é arredondado, enquanto a protoninfa (comprimento 120-130 μm , largura de 80-90 μm) e a deutoninfa (comprimento 150-170 μm , largura 90-110 μm) do sexo masculino apresenta o opistossoma pontiagudo (Fig. 2). Os adultos apresentam coloração avermelhada e manchas pretas no opistosoma (Kane *et al.* 2012).

Raoiella indica foi descrita na Índia a partir de espécimes coletados em folhas de *Cocos nucifera* L. (Hirst 1924). Antes de ser detectada no Caribe por Flechtmann & Etienne (2004), esta espécie tinha sido relatada apenas no Hemisfério Oriental (Dowling *et al.* 2012, Kane *et al.* 2012). Atualmente, está disseminada por todo o Caribe (Rodrigues *et al.* 2007, De la Torre-Santana *et al.* 2010, Kane *et al.* 2012). O ácaro vermelho-das-palmeiras também tem sido detectado na Flórida (Peña *et al.* 2012), Venezuela (Vásquez *et al.* 2008), Brasil (Navia *et al.* 2011, EMBRAPA 2015, Oliveira, *et al.* 2016) e Colômbia (Carrillo *et al.* 2011).

No Hemisfério Oriental, *R. indica* tinha sido associada apenas a umas quantas espécies da família Arecaceae: *C. nucifera* (Hirst 1924, Moutia 1958, NageshaChandra & ChannaBasavanna

1984, Ueckermann 2004), *Phoenix dactylifera* L. (Sayed 1942, Moutia 1958, Pritchard & Baker 1958, Zaher *et al.* 1969, Chaudhri *et al.* 1974, Gerson *et al.* 1983, Al-Gboory 1987), *Dictyosperma album* (Borg.) (Moutia 1958), *Areca* sp. (Pritchard & Baker 1958) e *Areca catechu* L. (NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984). Ao chegar nas Américas, *R. indica* teve sua gama de hospedeiros expandida. Atualmente, 95 espécies são relatadas como hospedeiras de *R. indica* distribuídas em 58 gêneros e 8 famílias (Arecaceae, Cannaceae, Cycadaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae) (Etienne & Flechtmann 2006, Welbourn 2006, González-Reus & Ramos 2010, Carrillo *et al.* 2012a, Vásquez & Moraes 2012). Dentre os hospedeiros associados, 81% pertencem à família Arecaceae. Todas as espécies de plantas confirmadas como hospedeiras de *R. indica* são monocotiledôneas, e nas Américas, a maioria é exótica originária do Hemisfério Oriental (Carrillo *et al.* 2012a). Contudo, um quarto dos hospedeiros relatados são plantas nativas do Novo Mundo, principalmente da América do Sul.

A forma de alimentação de *R. indica* e de outras espécies deste mesmo gênero foi estudada em bananeira, eucalipto, helicônias, coqueiro e outras palmeiras (Beard *et al.* 2012b). Verificou-se em todas as espécies de *Raoiella* estudadas, que a alimentação se dá através da introdução dos estiletos nos estômatos através do ostíolo, causando amarelecimento, manchas escuras e dessecamento das folhas (Ochoa *et al.* 2011, Beard *et al.* 2012b). Os danos parecem ser maiores em plantas jovens (Moutia 1958, Roda *et al.* 2008), principalmente durante as estações mais quentes do ano, e sobretudo em plantas submetidas a estresse hídrico e nutricional (Moutia 1958, Sathiamma 1996). Os danos causados por esta praga na Florida, México, Venezuela e no norte do Brasil são intensos, podendo surgir restrições às exportações impostas por outros países (Navia *et al.* 2015). Desde que foi introduzida no Caribe, *R. indica* tem sido observada em grandes populações e com impacto negativo sobre espécies de palmeiras e bananeira, chegando a ser

responsável por 70-90% de redução da produção em algumas ilhas do Caribe (Roda *et al.* 2008, Hoy 2012).

Raoiella indica pode ser um grande problema para a agricultura comercial no Brasil já que culturas como coqueiro e bananeira são de elevada importância socioeconômica para diversas regiões do país (Martins & Jesús Jr. 2011, FAOSTAT 2012). Além disso, ocorrem no Brasil aproximadamente 283 espécies de palmeiras nativas (Lorenzi *et al.* 2004, Lorenzi *et al.* 2010, Jardim Botânico Rio de Janeiro 2016), muitas das quais de extrema relevância e exploradas de maneira extrativista por populações rurais como meio de sobrevivência, além de cumprirem importante papel na sustentabilidade da vida silvestre (Lorenzi *et al.* 2010, Mesa & Galeano 2013). Entre estas espécies estão *Attalea funifera* Martius (piassava), *Attalea speciosa* Mart. (babaçu), *Bactris gasipes* Kunth (pupunha), *Copernicia prunifera* (Miller) H.E. Moore (carnaúba), *Euterpe edulis* Martius (juçara), *Euterpe oleracea* (açai) e *Mauritia flexuosa* (buriti) (Cymerys & Clement 2005, Cymerys & Shanley 2005, Cymerys *et al.* 2005, Barroso *et al.* 2010, González-Pérez *et al.* 2012).

A biologia de *R. indica* foi estudada em diferentes condições ambientais e hospedeiros na Ilha Maurício (Moutia 1958), Egito (Zaher *et al.* 1969), Índia (NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984), Cuba (Flores-Galano *et al.* 2010, González-Reyes & Ramos 2010) e na Venezuela (Vásquez *et al.* 2015). Esses estudos registraram que o desenvolvimento dos ovos tem duração de 5 a 10,9 dias; as larvas de 5,4 a 9,2 dias, protoninfas de 5,2 a 9,2, e as deutoninfas de 4,1 a 7,2 dias. O tempo de desenvolvimento de ovo-adulto varia entre 21,4 e 33,9 dias. Esta espécie de ácaro apresenta, além das quatro fases imaturas de desenvolvimento, fases quiescentes (protocrisalida, deutocrisalida e teliocrisalida) com duração de 1 a 1,5 dias (Moutia 1958), e de 1 a 4 dias (Flores-Galano *et al.* 2010). A duração de cada fase da biologia deste ácaro depende se os ovos foram fertilizados ou não (NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984), da estação do ano,

temperatura (Moutia 1958) e do hospedeiro (González-Reyes & Ramos 2010, Vásquez *et al.* 2015). *Raoiella indica* apresenta reprodução sexuada e partenogenética do tipo arrenótoca (NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984).

Estudos realizados na Ásia sobre Areaceae têm demonstrado que a dinâmica populacional de *R. indica* sofre forte influência de fatores climáticos como temperatura, umidade relativa do ar, pluviosidade e fotofase (Moutia 1958, NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984, Taylor *et al.* 2012). Nas estações de alta pluviosidade, as populações de *R. indica* são reduzidas drasticamente (Moutia 1958, Taylor *et al.* 2012), contudo em ambiente de baixa umidade e de alta temperatura são registradas altas densidades populacionais (Gondim Jr. *et al.* 2012, Taylor *et al.* 2012).

As maiores densidades populacionais de *R. indica* têm sido observadas nas folhas medianas da planta (Roda *et al.* 2012), sendo menor nas folhas apicais e basais. Contudo, inspecionando-se os folíolos de uma mesma folha, independentemente de sua localização, a densidade deste ácaro se distribui uniformemente. Se observado individualmente cada folíolo, os ácaros ficam mais concentrados na parte mediana e basal do mesmo (Roda *et al.* 2012). Os ovos normalmente são observados na face abaxial da folha, mas em *P. dactylifera* e *Phoenix roebelenii* O'Brien também são colocados na face adaxial, raquis e caule (observação pessoal), podendo ser encontrados em grupos de 100 a 300 ovos (Sayed 1942, Welbourn 2006) e também isolados (Flores-Galano *et al.* 2010), especialmente quando a planta não é hospedeira (observação pessoal).

Nas Américas, a rápida dispersão de *R. indica* ocorreu provavelmente devido a atividade humana e não a processos naturais (Mendoza *et al.* 2005). No entanto, Hoy *et al.* (2006) sugeriram que a presença de ácaros em palmeiras velhas, em ilhas adjacentes à Martinica, indica que o processo primário de dispersão foi pelo vento. No Caribe, Welbourn (2006) afirmou que o processo natural mais provável de dispersão foi através de correntes aéreas (furacões) e através de material vegetal infestado. Esse autor considera que esta espécie de ácaro pode-se dispersar para

novos locais em arranjos de flores, plantas em vasos, sementes de cocos e sobre as roupas de turistas e pessoas que manipulem palmeiras infestadas.

Após a detecção de *R. indica* na Venezuela (Vásquez *et al.* 2008), a introdução de *R. indica* no território brasileiro passou a ser iminente, portanto foram implementadas no Brasil medidas quarentenárias para restringir a circulação de material infestado. Isto foi estabelecido através da Instrução Normativa nº 52, de 20 de novembro do 2007. No entanto, foi constatado, cerca de um ano depois, a presença da praga no estado de Roraima (Navia *et al.* 2011). A partir de então, diversos procedimentos foram impostos na região norte para conter a praga e evitar a disseminação para outras regiões do território brasileiro (Navia *et al.* 2015). Contudo, logo depois foi encontrada também no Amazonas (Rodrigues & Antony 2011), e mais recentemente foi constatado no estado de São Paulo (Oliveira *et al.* 2016) e também em estados do Nordeste: Ceará, Sergipe e Alagoas (EMBRAPA 2015).

Diversos métodos para o controle de *R. indica* vem sendo estudados com o objetivo de minimizar os danos e preservar o meio ambiente, visto que a maior parte das áreas que podem ser atingidas pelo ácaro pertence a ecossistemas naturais (extrativistas). Entre estes métodos destacam-se o controle biológico, especialmente com a utilização de predadores (Rodríguez *et al.* 2010, Carrillo & Peña 2012, Carrillo *et al.* 2010, 2012b, 2012c, Domingos *et al.* 2012, Carrillo *et al.* 2014), o controle químico (Ramos *et al.* 2011, Assis *et al.* 2012, Rodrigues & Peña 2012) e a resistência de plantas (Rodrigues & Irish 2012). Sobre este último método de controle poucas são as informações. Rodrigues & Irish (2012) avaliaram vários híbridos de *Musa spp.* e observaram que três materiais genéticos provenientes do grupo Cavendish apresentaram significativamente baixas infestações da praga.

Em países do Oriente Médio, como Israel, devido a baixas populações, este ácaro normalmente não é controlado (Blumberg 2008). Mas, no Hemisferio ocidental o controle

químico será necessário, quando o ácaro tiver ampla distribuição em áreas tradicionais de produção de coco. Portanto, alguns trabalhos têm avaliado a eficiência de acaricidas para o controle de *R. indica* (Ramos *et al.* 2011, Assis *et al.* 2012, Rodrigues & Peña 2012). Contudo, o controle químico legislativamente ainda não é permitido no Brasil, pois nenhum produto possui registro neste país para controle de *R. indica* em qualquer cultura (AGROFIT 2016). Além disso, especificamente na cultura do coqueiro, o porte elevado das plantas dificulta esta prática. O fato da baixa produtividade em muitas áreas cultivadas com variedades híbridas e gigante não possibilitar economicamente o controle químico de pragas consagradas como *Aceria guerreronis* Keifer (Aragão 2002) indica que provavelmente em áreas com produtividades semelhantes também não haverá condições, economicamente viáveis, do controle químico de *R. indica*.

Recentemente, visando o controle biológico, várias pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de avaliar a fauna de inimigos naturais associada a *R. indica* na América e na Ásia (Hastie *et al.* 2010, Mound *et al.* 2010, Carrillo *et al.* 2012b, Hoy 2012, Taylor *et al.* 2012, Domingos *et al.* 2012). Considera-se também, o uso de inimigos naturais oriundos do local de origem da praga (Ásia), para a introdução nas regiões invadidas (Américas) (Moraes *et al.* 2012). Os maiores esforços têm sido realizados com *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) (Rodríguez *et al.* 2010, Carrillo & Peña 2012, Carrillo *et al.* 2010, 2012c, Domingos *et al.* 2012, Carrillo *et al.* 2014). Os ácaros da família Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) representam o grupo mais promissor de predadores de ácaros-praga em diferentes culturas (Gerson *et al.* 2003, Gerson 2014). São ácaros de movimentos rápidos, fototrópicos negativos e que buscam ativamente suas presas. Os fitoseídeos são de coloração palha, ocasionalmente avermelhada ou marrom, em geral com uma única placa dorsal com até 24 pares de setas, e quelíceras em forma de pinças (Moraes *et al.* 2004a, Chant & McMurtry 2007). A taxonomia, distribuição, estilo de vida e ecologia da família Phytoseiidae tem sido extensivamente estudada em diferentes partes do

mundo (Moraes *et al.* 2004a, McMurtry *et al.* 2013, Demite *et al.* 2016). Este grupo de ácaro apresenta uma ampla distribuição mundial, contendo mais de 2436 espécies válidas, distribuídas em 91 gêneros e três subfamílias (Amblyseiinae, Phytoseiinae e Typhlodrominae) (Moraes *et al.* 2004a, Chant & McMurtry 2007, Demite *et al.* 2016). A região Neotropical (América Central e do Sul, Ilhas Caribenhas e Sul da Flórida) apresenta a maior porcentagem de espécies endêmicas dentre a subfamília Amblyseiinae Muma, sendo considerada a região como centro de origem desta subfamília (Chant & McMurtry 2007, Tixier *et al.* 2008).

O predador *A. largoensis* foi encontrado pela primeira vez na Flórida, em folhas de limão *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing (Muma 1955). Essa espécie de ácaro apresenta o escudo ventrianal em forma de vaso, e o cervix da espermateca cilíndrico e longo, com margens paralelas (Lofego 1998).

Amblyseius largoensis tem ampla distribuição geográfica nos trópicos (Denmark & Muma 1989, Moraes *et al.* 2004a, Chant & McMurtry 2007, Demite *et al.* 2016), sendo comumente encontrado em folíolos de coqueiro (Gondim Jr. & Moraes 2001, Moraes *et al.* 2004b, Lawson-Balagbo *et al.* 2008). Este fitoseídeo já foi relatado em 59 países sobre 257 espécies vegetais, distribuídas em 74 famílias, e em associação com várias espécies fitófagas, entre elas *A. guerreronis* (Moraes *et al.* 2004b, Melo *et al.* 2015, Demite *et al.* 2016). *Amblyseius largoensis* tem sido associado a *R. indica* em vários locais, como em Trinidad e Tobago (Roda *et al.* 2008), Cuba (Rodríguez *et al.* 2010), Colômbia (Carrillo *et al.* 2011), Ilhas Maurício (Bowman & Hoy 2012), Benin e Tanzânia (Zannou *et al.* 2010), Ilha La Reunión (Moraes *et al.* 2012), Índia (Taylor *et al.* 2012) e Brasil (Gondim Jr. *et al.* 2012).

Amblyseius largoensis é considerado um predador generalista, alimentando-se no ambiente de presas, pólen e exudatos de plantas ou excreções de pequenos insetos (McMurtry & Croft 1997, McMurtry *et al.* 2013). Em condições de confinamento em laboratório, a dieta exclusiva de

pólen de *Quercus virginiana* Mill., *Ricinus communis* L. ou *Typha domingensis* Pers. já se mostrou adequada (Galvão *et al.* 2007, Carrillo *et al.* 2010, Domingos *et al.* 2012).

Estudos sobre o efeito da temperatura na biologia de *A. largoensis* já foram realizados em várias partes do mundo (Yue & Tsai 1996, Galvão *et al.* 2007, 2008, Carrillo *et al.* 2010, Domingos *et al.* 2012). As melhores condições de temperatura para o desenvolvimento e reprodução de *A. largoensis* estão entre 27 e 30°C (Galvão *et al.* 2008), assim como para muitos outros fitoseídeos, entre eles *Galendromus (Galendromus) occidentalis* (Nesbitt), *Kampimodromus aberrans* (Oudemans), *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Tanigoshi *et al.* 1975, Stenseth 1979, Broufas *et al.* 2007, Domingos *et al.* 2010, Stavrínides & Mills 2011). O desenvolvimento dos fitoseídeos é significativamente reduzido quando a temperatura ultrapassa 30 °C (Sabelis 1981).

O desenvolvimento, reprodução e o desempenho dos fitoseídeos podem ser limitados pelas condições ambientais e, não somente pela temperatura, mas também pela umidade relativa do ar (Logan 1976, Croft *et al.* 1993). Vários estudos têm sido realizados para encontrar espécies da família Phytoseiidae adaptadas a diferentes condições ambientais e maximizar o potencial destes ácaros como agentes de controle biológico em diferentes condições de umidade relativa do ar (Bakker *et al.* 1993, De Courcy-Williams *et al.* 2004, Walzer *et al.* 2007). Algumas espécies especificamente do gênero *Euseius* Wainstein se apresentaram tolerantes a baixa umidade relativa do ar (Bounfour & McMurtry 1987, Schausberger 1998).

Até o momento ainda não foram estudados, em condições de laboratório, os efeitos da umidade relativa do ar sobre a biologia de *A. largoensis*, contudo para algumas poucas espécies de fitoseídeos este aspecto já foi verificado, constatando-se que a baixa umidade relativa do ar afeta a viabilidade de formas imaturas, sobretudo para ovos (Ferro & Chapman 1979, Sabelis 1985, Schausberger 1998). Por esta razão, a maioria dos trabalhos que tem avaliado o efeito da umidade

relativa do ar sobre os fitoseídeos aborda apenas o estágio de ovo (Moraes & McMurtry 1981, Schausberger 1998, De Courcy-Williams *et al.* 2004, De Vis *et al.* 2006). Os estágios móveis escapam das condições adversas, refugiando-se em locais mais favoráveis da planta (Ferro & Chapman 1979, Sabelis 1985, Schausberger 1998), e compensam a perda de água pelo consumo de presa, captação de água livre ou ingerindo fluídos de plantas (McMurtry *et al.* 1970, Crof *et al.* 1993).

A grande diversidade de plantas da família Arecaceae no Brasil (nativas e introduzidas) possibilita o cultivo em diferentes condições climáticas e regiões, inclusive no Semiárido, estando aquelas mais quentes e secas mais sujeitas a expansão de *R. indica* (Amaro & Morais 2013). Assim, este estudo testou as hipóteses de que (1) espécies de Arecaceae nativas são adequadas para o desenvolvimento e reprodução de *R. indica*, semelhantes a outras hospedeiras tradicionais (coqueiro e tamareira); e que (2) o ácaro fitoseídeo *A. largoensis* se desenvolve e sobrevive apenas em ambientes com alta umidade relativa do ar e não apresenta potencial para o controle de *R. indica* em regiões quentes e secas, como o semiárido do Nordeste do Brasil.

Literatura Citada

- AGROFIT. 2016.** Sistema de agrotóxicos fitossanitários - Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Disponível em internet: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso 27/04/2016.
- Al-Gboory, I. 1987.** Taxonomic studies of false spider mites (Acari: Tenuipalpidae) in central Iraq. Ph. D. These, Universität Bonn, Bonn, 205p.
- Amaro, G. & E.G.F. Morais. 2013.** Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 343-355.
- Aragão, W.M. 2002.** Cultivares de coqueiro, p. 16-19. In H.R. Fontes, J.M.S. Ferreira & L.A. Siqueira (eds.), Sistema de produção para a cultura do coqueiro. Aracajú, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 63p. (Sistemas de Produção 01).

- Assis, C.P.O., E.G.F. Morais, M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 60: 357-365.
- Bakker, F.M., M.E. Klein, N.C. Mesa & A.R. Braun. 1993.** Saturation deficit tolerance spectra of phytophagous mites and their phytoseiid predators on cassava. *Exp. Appl. Acarol.* 17: 97-113.
- Barroso, R.M., A. Reis & N. Hanazaki. 2010.** Etnoecologia e etnobotânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) em comunidades quilombolas do Vale do Ribeira, São Paulo. *Acta Bot. Bras.* 24: 518-528.
- Beard, J.J., R. Ochoa, G.R. Bauchan, M.D. Trice, A.J. Redford, T.W. Walters & C. Mitter. 2012a.** Flat mites of the world. Fort Collins, APHIS, USDA. Disponível em internet: <http://idtools.org/id/mites/flatmites/>. Acesso 24/03/2014.
- Beard, J.J., R. Ochoa, G.R. Bauchan, W.C. Welbourn, C. Pooley & A.P.G. Dowling. 2012b.** External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoida): *Raoiella* a case study. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 227-255.
- Blumberg, D. 2008.** Review: date palm arthropod pests and their management in Israel. *Phytoparasitica* 36: 411-448.
- Bounfour, M. & A.J. McMurtry. 1987.** Biology and ecology of *Euseius scutalis* (Athias-Henriot) (Acarina: Phytoseiidae). *Hilgardia* 55: 1-23.
- Bowman, H.M. & M.A. Hoy. 2012.** Molecular discrimination of phytoseiids associated with the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) from Mauritius and South Florida. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 395-407.
- Broufas, G.D., M.L. Pappas & D.S. Koveos. 2007.** Development, survival, and reproduction of the predatory mite *Kampimodromus aberrans* (Acari: Phytoseiidae) at different constant temperatures. *Environ. Entomol.* 36: 657-65.
- Carrillo, D. & J.E. Peña. 2012.** Prey-stage preferences and functional numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.* 57: 361-372.
- Carrillo, D., M.A. Hoy & J.E. Peña. 2014.** Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by predator exclusion and predator release techniques. *Fla. Entomol.* 97: 256-261.
- Carrillo, D., J.E. Peña, M.A. Hoy & J.H. Frank. 2010.** Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. *Exp. Appl. Acarol.* 52: 119-129.

- Carrillo, D., D. Navia, F. Ferragut, J.E. Peña. 2011.** First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. Fla. Entomol. 94: 370-371.
- Carrillo, D., J.H. Frank, J.C.V. Rodrigues & J.E. Peña. 2012b.** A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Exp. Appl. Acarol. 57: 347-360.
- Carrillo, D., M.E. Coss, M.A. Hoy & J.E. Peña. 2012c.** Variability in response of four populations of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and *Tetranychus gloveri* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. Biol. Control 60: 39-45.
- Carrillo, D., D. Amalin, F. Hosein, A. Roda, R.E. Duncan & J.E. Peña. 2012a.** Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. Exp. Appl. Acarol. 57: 271-289.
- Chant, D.A. & J.A. McMurtry, J.A. 2007.** Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata). West Bloomfield, Indira Publishing House, 219p.
- Chaudhri, W.M., S. Akbar, & A. Rasol. 1974.** Taxonomic studies of the mites belonging to the families Tenuipalpidae, Tetranychidae, Tuckerellidae, Caligonellidae, Stigmaeidae and Phytoseiidae. Lyallpur, University of Agriculture, 250p.
- Croft. B.A., R.H. Messing, J.E. Dunley & W.B. Strong. 1993.** Effects of humidity on eggs and immatures of *Neoseiutus falacis*, *Amblyseius andersoni*, *Metaseiulus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Phytoseiidae): implications for biological control on apple, caneberry, strawberry and hop. Exp. Appl. Acarol. 17: 451-459.
- Cymerys, M., & C.R. Clement. 2005.** Pupunha *Bactris gasipaes* Kunth, p. 203-208. In P. Shanley & G. Medina (eds.), Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém, CIFOR, Imazon, 300p.
- Cymerys, M. & P. Shanley. 2005.** Açai *Euterpe oleracea* Mart., p. 163-170. In P. Shanley & G. Medina (eds.), Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém, CIFOR, Imazon, 300p.
- Cymerys, M., N.M.P. Fernandes & O.C. Rigamonte-Azevedo. 2005.** Buriti *Mauritia flexuosa* L.f., p. 181-187. In P. Shanley & G. Medina (eds.), Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém, CIFOR, Imazon, 300p.
- De Courcy-Williams, M.E., L. Kravar-Garde, J.S. Fenlon & K.D. Sunderland. 2004.** Phytoseiid mites in protected crops: the effect of humidity and food availability on egg hatch and adult life span of *Iphiseius degenerans*, *Neoseiulus cucumeris*, *N. californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 32: 1-13.
- De la Torre-Santana, P.E, A. Suárez-González & A.I. González. 2010.** Presencia del ácaro *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Cuba. Rev. Protección Veg. 25: 1-4.

- De Vis, R.M.J., G.J. Moraes & M.R. Bellini. 2006.** Effect of air humidity on the egg viability of predatory mites (Acari: Phytoseiidae, Stigmaeidae) common on rubber trees in Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 38: 25-32.
- Demite, P.R., G.J. Moraes, J.A. McMurtry, H.A. Denmark & R.C. Castilho, 2016.** Phytoseiidae Database. Disponível em internet: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso 29/03/2016.
- Denmark, H.A. & M.H. Muma. 1989.** A revision of the genus *Amblyseius* Berlese, 1914 (Acarina: Phytoseiidae). Gainesville USA, Fla. Dept. Agr. Cons. Serv., 149p. (Occ. Pap. Fla. State Collect. Arthrop. 4).
- 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.
- Domingos, C.A., L.O. Oliveira, E.G.F. Morais, D. Navia, G.J. Moraes & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.* 60: 83-93.
- Dowling, A.P.G., R. Ochoa, J.J. Beard, W.C. Welrn & E.A. Ueckermann. 2012.** Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity, distribution, and world invasions. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 257-269.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2015.** Fique atento ao ácaro-vermelho-das-palmeiras. Aracajú, Embrapa Tabuleiros Costeiros. Disponível em internet: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/8356528/fique-atento-ao-acaro-vermelho-das-palmeiras>. Acesso 29/04/2016.
- Etienne, J. & C.H.W. Flechtmann. 2006.** First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. *Int. J. Acarol.* 32: 331-332.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United State). 2012.** World Production. <http://faostat.fao.org>. Acesso 22-05-2016.
- Ferro, D.N. & R.B. Chapman. 1979.** Effects of different constant humidities and temperatures on two spotted spider mite egg hatch. *Environ. Entomol.* 8: 701-705.
- Flechtmann, C.H.W. & J. Etienne. 2004.** The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Syst. Appl. Acarol.* 9: 109-110.
- Flores-Galano, G., A. Montoya & H. Rodríguez. 2010.** Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. *Rev. Protección Veg.* 25: 11-16.

- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.V. Oliveira. 2007.** Biología de *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae), um potencial predador de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em coqueiro. Neotrop. Entomol. 36: 465-470.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.V. Oliveira. 2008.** Exigências térmicas e tabela de vida de fertilidade de *Amblyseius largoensis*. Cienc. Rural 38: 1817-1823.
- Genovesi, P., L. Carnevali & R. Scalera. 2015.** The impact of invasive alien species on native threatened species in Europe. Roma, ISPRA-ISSG, 18p. (Tech. Report European Commission 16).
- Gerson, U., A. Venezian & D. Blumberg. 1983.** Phytophagous mites on date palms in Israel. Fruits 38: 133-135.
- Gerson, U., R.L. Smiley, & R. Ochoa. 2003.** Mites (Acari) for pest control. Oxford, Blackwell Science, 539p.
- Gerson, U. 2014.** Pest control by mites (Acari): present and future. Acarologia 54: 371-394.
- Gondim Jr., M.G.C. & G.J. Moraes. 2001.** Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) associated with palm trees (Arecaceae) in Brazil. Syst. Appl. Acarol. 6: 65-94.
- Gondim Jr., M.G.C., T.M.M.G. Castro, A.L. Marsaro, D. Navia, J.W.S. Melo, P.R. Demite & G.J. Moraes. 2012.** Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation? Syst. Biodivers. 10: 527-535.
- González-Pérez, S.E., M. Coelho-Ferreira, R. Pascale & C.L.L. Garces. 2012.** Conhecimento e usos do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. e *Attalea eichleri* (Drude) A.J. Hend.) entre os Mebêngôkre-Kayapó da terra indígena Las Casas, Estado do Pará, Brasil. Acta Bot. Bras. 26: 295-308.
- González-Reus, M. & M. Ramos. 2010.** Plantas hospedantes de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en el municipio Santiago de Cuba. Rev. Protección Veg. 25: 5-6.
- González-Reyes, A.I. & M. Ramos. 2010.** Desarrollo y reproducción de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en laboratorio. Rev. Protección Veg. 25:7-10.
- Hastie, E., A. Benegas & H. Rodríguez. 2010.** Inventario de ácaros depredadores asociados a Fitoácaros en plantas de las familias Arecaceae y Musaceae. Rev. Protección Veg. 25: 17-25.
- Hirst, S. 1924.** On some new species of red spider. Ann. Mag. Nat. Hist. 14: 522-527.
- Hoy, M.A. 2012.** Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. Exp. Appl. Acarol. 57: 381-393.
- Hoy, M.A., J. Peña & R. Nguyen. 2006.** Red Palm Mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). Gainesville, FDACS/Division of Plant Industry, UF/IFAS Extension, 5p. (EENY-397).

- Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2016.** Flora do Brasil 2020 em construção. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso 11/07/2016.
- Kane, E.C., R. Ochoa, G. Mathurin, E.F. Erbe & J.J. Beard. 2012.** *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 215-225.
- 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. Entomol. Res.* 98: 83-96
- Lofego, A.C. 1998.** Caracterização morfológica e distribuição geográfica das espécies de Amblyseinae (Acari: Phytoseiidae) no Brasil. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 123p.
- Logan, J.A., D.J. Wollkind, S.C. Hoyt & L.K. Tanigoshi. 1976.** An analytical model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environ. Entomol.* 5: 1133-1140.
- Lorenzi, H., L.R. Noblick, F. Kahn, & E. Ferreira. 2010.** Flora brasileira: Arecaceae (palmeiras). Nova Odessa, São Paulo, Instituto Plantarum, 384p.
- Lorenzi, H., H.M. Souza, J.T. Medeiros-Costa, L.S.C. Cerqueira & N.V. Behr. 2004.** Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas. Nova Odessa, São Paulo, Instituto Plantarum, 303p.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas & M. Poorter. 2000.** 100 of theWorld's Worst Invasive Alien Species: A selection from the Global Invasive Species Database. Auckland, IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group (ISSG), 12p.
- Martins, C.R. & L.A. Jesús Jr. 2011.** Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: Panorama 2010. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 28p. (Documentos 164).
- McMurtry, J.A. & B.A. Croft. 1997.** Life-Styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 291-321.
- McMurtry, J.A., C.B. Huffaker & M. van de Vrie. 1970.** Ecology de *Tetranychus* mites and their natural enemies: a review. I. Tetranchid enemies: their biological charaters and the impact of spray practices. *Hilgardia* 40: 331-390.
- McMurtry, J.A., G.J. Moraes & N.F. Sourassou. 2013.** Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Syst. Appl. Acarol.* 18: 297-320.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, H. Staudacher, F.R. Silva, M.G.C. Gondim Jr. & M.W. Sabelis. 2015.** Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 67: 411-421.

- Mendoza, R.S., D. Navia & C.H.W. Flechtmann. 2005.** *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae), ácaro-vermelho-das-palmeiras - uma ameaça para as Américas. Embrapa Rec. Genet. Biotecn. 37p. (Documentos 146).
- Mesa, L. & G. Galeano. 2013.** Galeano. Usos de las palmas en la Amazonia colombiana. *Caldasia* 35: 351-369.
- Meyerson, L.A. & H.A. Mooney. 2007.** Invasive alien species in an era of globalization. *Front. Ecol. Environ.* 5: 199-208.
- Mittermeier, R. & F. Scarano. 2013.** Ameaças globais à biodiversidade de plantas, p. 20-25. In G. Martinelli & M.A. Moraes (eds.), *Livro vermelho da flora do Brasil*. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1100p.
- Moraes G.J. & J.A. McMurtry. 1981.** Biology of *Amblyseius citrifolius* (Acarina: Phytoseiidae). *Hilgardia* 49: 1-29.
- Moraes, G.J., P.C. Lopes & L.C.P. Fernando. 2004b.** Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) of coconut growing areas in Sri Lanka, with descriptions of three new species. *J. Acarol. Soc. Jpn.* 77: 1-20.
- Moraes, G.J., J.A. McMurtry, H.A. Denmark & C.B. Campos. 2004a.** A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. *Zootaxa* 434: 1-494.
- Moraes, G.J., T.M.M.G. Castro, S. Kreiter, S. Quilici, M.G.C. Gondim Jr. & L.A.N. Sá. 2012.** Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Reunion Island (Indian Ocean). *Acarologia* 52: 129-134.
- Mound, L.A., D.J. Tree & A. Goldarazena. 2010.** A new species of predatory *Scolothrips* (Thysanoptera, Thripidae) feeding on *Raoiella mites* (Tenuipalpidae) in Australia. *Zootaxa* 2620: 63-68.
- Moutia, L.A. 1958.** Contribution to study of some phytophagous Acarina and their predators in Mauritius. *Bull. Entomol. Res.* 49: 59-75.
- Muma, M.H. 1955.** Phytoseiidae (Acarina) associated with citrus in Florida. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 48: 262-275.
- NageshaChandra, B.K. & G.P. ChannaBasavanna. 1984.** Plant mites, p.785-790. In Griffiths, D.A. & C.E. Bowman (eds.), *Acarology VI Vol. 2*. West Sussex, Ellis Horwood, 1296p.
- Navia, D., E.G.F. Morais, R.S. Mendoza, & M.G.C. Gondim Jr. 2015.** Ácaro vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, p. 418-452. In E.F. Vilela & R.A. Zucchi (eds.), *Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros*. Piracicaba, ESALQ/USP, 908p.
- Navia, D., A.L. Marsaro Jr., F.R. da Silva, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2011.** First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. *Neotrop. Entomol.* 40: 409-411.

- NWF (National Wildlife Federation). 2014.** Invasive species. Disponível em internet: <http://www.nwf.org/Wildlife/Threats-to-Wildlife/Invasive-Species.aspx>. Acesso 28/04/2016.
- Ochoa, R., J.J. Beard, G.R. Bauchan, E.C. Kane, A.P.G. Dowling & E.F. Erbe. 2011.** Herbivore exploits chink in armour of host. *Am. Entomol.* 57: 26-29.
- Oliveira, D.C., E.P. Prado, G.J. Moraes, E.G.F. Morais, E.A. Chagas, M.G.C. Gondim Jr. & D. Navia. 2016.** First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in southeastern Brazil. *Fla. Entomol.* 99: 123-125.
- Peña, J. 2013.** Potential invasive pests of agricultural crops. Wallingford, CAB International, 464p.
- Peña, J.E., J. Bruin & M.W. Sabelis. 2012.** Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 211-213.
- Pimentel, D., R. Zuniga & D. Morrison. 2005.** Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol. Econ.* 52: 273-288.
- Pritchard, A.E. & E.W. Baker. 1958.** The false spider mites (Acarina: Tenuipalpidae). *Univ. Calif. Publ. Entomol.* 14: 175-274.
- Ramos, M., A.I. González & M. González. 2011.** Management strategy of *Raoiella indica* Hirst in Cuba, based on biology, host plants, seasonal occurrence and use of acaricide. *Zoosymposia* 6: 152-159.
- Roda, A., G. Nachman, F. Hosein, J.C.V. Rodrigues & J.E. Peña. 2012.** Spatial distributions of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut and their implications for development of efficient sampling plans. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 291-308.
- Roda, A., A. Dowling, C. Welbourn, J.E. Peña, J.C.V. Rodrigues, M.A. Hoy, R. Ochoa, R.A. Duncan & W. De Chi. 2008.** Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. *Proc. Caribbean Food Crops Soc.* 44: 80-87.
- Rodrigues, J.C.V. & B.M. Irish. 2012.** Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.* 57: 309-316.
- Rodrigues, J.C.V. & J.E. Peña, 2012.** Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 317-329.
- Rodrigues, J.C.V. & L.M.K. Antony. 2011.** First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. *Fla. Entomol.* 94: 1073-1074.
- Rodrigues, J.C.V., R. Ochoa & E.C. Kane. 2007.** First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. *Int. J. Acarol.* 33: 3-5.

- Rodríguez, H., A. Montoya & G. Flores-Galano. 2010.** Conducta alimentaria de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* Hirst. Rev. Protección Veg. 25: 26-30.
- Sabelis, M.W. 1981.** Biological control of two-spotted spider mites using phytoseiid predators. Part I: modelling the predator-prey interaction at the individual level. Agricultural Research Reports 910, Agriculture University, Pudoc, Wageningen, 242p.
- Sabelis, M.W. 1985.** Development, p. 43-53. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds.), Spider mites: Their biology, natural enemies and control. World Crop Pests 1B. Amsterdam, Elsevier, 458p.
- Sathiamma B, 1996.** Observations on the mite fauna associated with the coconut palm in Kerala, India. J. Pl. Crops 24: 92-96.
- Sayed, M. 1942.** Contribution to the knowledge of Acarina in Egypt: 1. The genus *Raoiella* Hirst (Pseudotetranychidae: Tetranychidae). Bull. Soc. Entomol. Egypt 26: 81-91.
- Schausberger, P. 1998.** The influence of relative humidity on the egg hatch in *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri*, and *Kampimodromus aberrans* (Acari: Phytoseiidae). J. Appl. Entomol. 122: 497-500.
- Stavrínides, M.C. & N.J. Mills. 2011.** Influence of temperature on the reproductive and demographic parameters of two spider mite pests of vineyards and their natural predator. BioControl 56: 315-325.
- Stenseth, C. 1979.** Effect of temperature and humidity on the development of *Phytoseiulus persimilis* and its ability to regulate populations of *Tetranychus urticae* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). Entomophaga 24: 311-317.
- Tanigoshi, L.K., S.C. Hoyt, R.W. Browne & J.A. Logan. 1975.** Influence of temperature on population increase of *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 68: 979-986.
- Taylor, B., P.M. Rahman, S.T. Murphy & V.V. Sudheendrakumar. 2012.** Within season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiid predators on two host palm species in south-west India. Exp. Appl. Acarol. 57: 331-345.
- Tixier, M.S., S. Kreiter & G.J. Moraes. 2008.** Biogeographic distribution of the Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). Biol. J. Linn. Soc. 93: 845-856.
- Ueckermann, E.A. 2004.** Taxonomic research in acarology, p. 12-13. In S. Baret, M. Rouget, I. Nänni & T. Le Bourgeois (eds), Saint Pierre-Saint Denis, Proc. workshop on biodiversity dynamics on La Reunion Island. 29th November-5th December, 72p.
- Vásquez, C. & G.J. Moraes. 2012.** Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela. Exp. Appl. Acarol. 60: 73-82.
- Vásquez, C., Y. Colmenárez & G.J. Moraes. 2015.** Life cycle of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. Exp. Appl. Acarol. 65: 227-235.

- Vásquez, C., M. Quirós, O. Aponte & D.M.F. Sandoval. 2008.** Primer reporte de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Sur América. Neotrop. Entomol. 37: 739-740.
- Welbourn, C. 2006.** Pest alert: Red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Florida, FDACS FDACS-Division of Plant Industry, 7p. (DACS-P 01645).
- Worner, S.P. & M. Gevrey. 2006.** Methodological insights: Modelling global insect pest species assemblages to determine risk of invasion. J. Appl. Ecol. 43: 858-867.
- Yue, G. & J.H. Tsai. 1996.** Development, survivorship, and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on selected plant pollens and temperature. Environ. Entomol. 25: 488-494.
- Zaher, M.A., K.A. Wafa & A.A. Yousef. 1969.** Biological studies on *Raoiella indica* Hirst and *Phyllotranychus aegyptiacus* Sayed infesting Date palm trees in U. A. R. (Acarina: Tenuipalpidae). Z. Angew. Entomol. 63: 406-411.
- Zannou, I.D., K. Negloh, R. Hanna, S. Houadakpode & M.W. Sabelis. 2010.** Mite diversity in coconut habitat in West and East Africa, p. 295. In G.J. de Moraes, R.C. Castilho & C.H.W. Flechtmann (eds.), Abstract book of XIII International Congress of Acarology. Recife, ICA/USP, 319p.

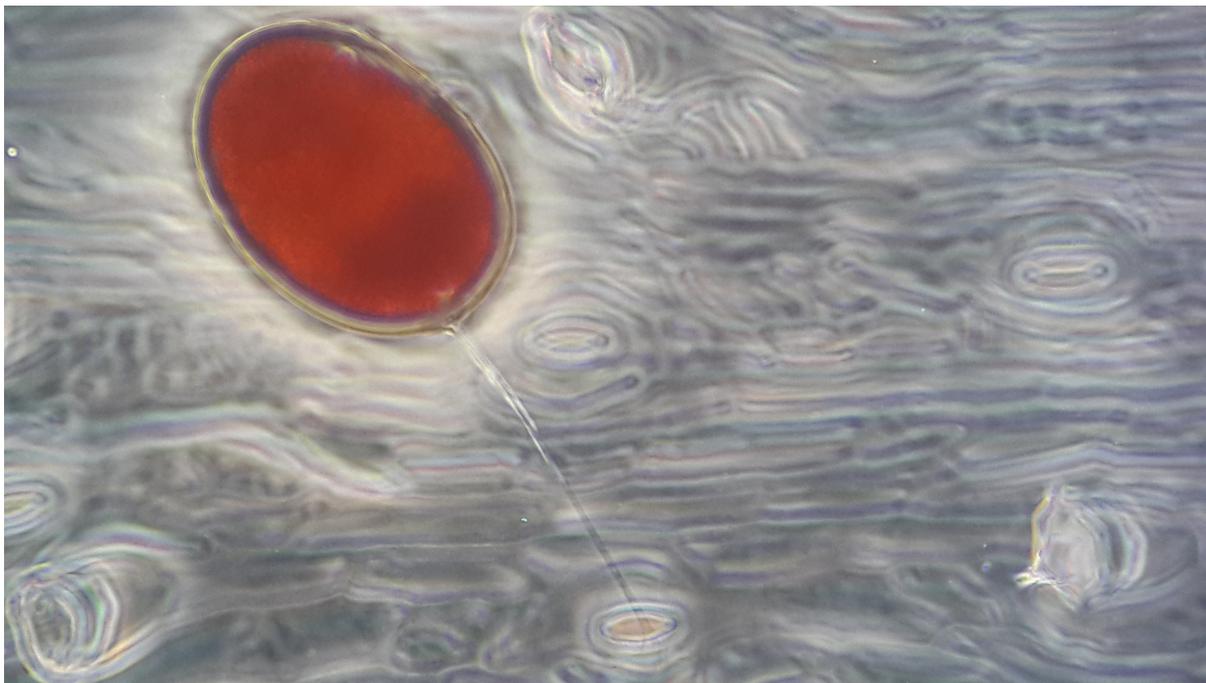


Figura 1. Ovo de *Raiella indica* Hirst em folha de *Socretea exorrhiza* (Mart.) H. Wendel. (Paxiuba). Foto de microscopia, técnica: impressão com esmalte¹.

¹ Foto ganhadora do primeiro lugar no concurso de fotografia, categoria microscopia no Congresso Brasileiro de Entomologia (XXVI CBE) e Congresso Latino-americano de Entomologia (IX CLE). Maceió, AL, Brasil, 13-17 março, 2016.

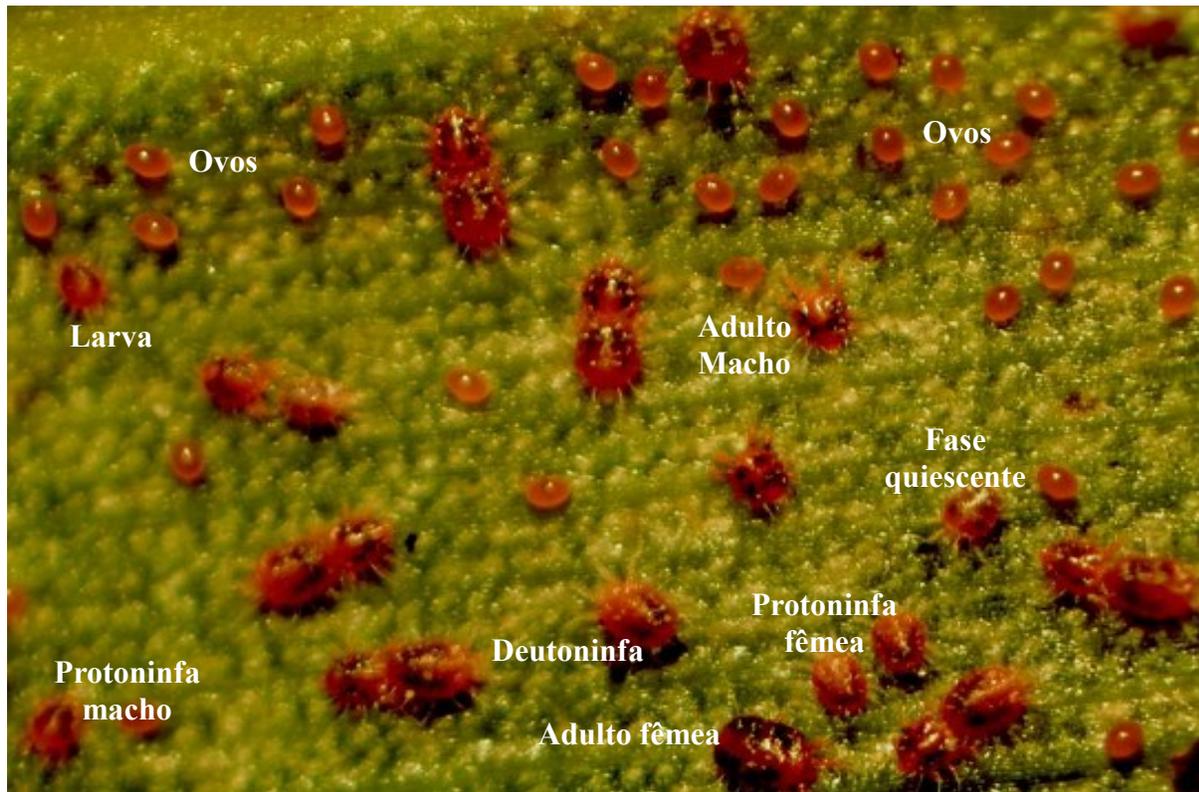


Figura 2. Diferentes fases de *Raoiella indica* Hirst. Foto: SENASICA²

²Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México. Disponível em internet: http://senasica.gob.mx/Includes/asp/resize.asp?ruta=images/UID_1011/%E1caro%20rojo.JPG&maxW=540&maxH=540. Acesso: 11-07-2016.

CAPÍTULO 2

HOSPEDEIROS DE *Raoiella indica* HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE) NATIVOS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

CRISTINA A.G. MOYA¹, TALITA P. S. LIMA², ELISÂNGELA G.F. MORAIS², MANOEL G. C.
GONDIM JR.¹ E GILBERTO J. MORAES³

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

²Embrapa Roraima, 69301-970, Boa Vista, RR, Brasil;

³Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de
Queiroz”, Universidade de São Paulo, 13498-900, Piracicaba, SP, Brasil.

¹Gómez-Moya, C.A., T.P.S. Lima, E.G.F. Moraes, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. Hospedeiros de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) nativos da Amazônia brasileira. A ser submetido.

RESUMO - A expansão de *Raoiella indica* Hist (Acari: Tenuipalpidae) no Brasil pode causar impacto negativo as espécies nativas, especialmente da família Arecaceae. Para determinar quais espécies estão em risco, investigou-se de *R. indica*: (1) o potencial reprodutivo através da estimativa da taxa de reprodução instantânea (r_i), e (2) o desenvolvimento e a oviposição em diversos potenciais hospedeiros. O estudo foi realizado em espécies de Arecaceae (12 nativas da Amazônia e quatro exóticas), uma Heliconiaceae nativa (*Heliconia psittacorum* L.f.), uma Zingiberaceae (*Alpinia rosea* Elmer) e uma Musaceae (*Musa* × *paradisiaca* L. (variedade Prata). O r_i foi estimado aos 7, 14, 21 e 28 dias. O tempo de desenvolvimento, viabilidade dos imaturos e oviposição de *R. indica* foi avaliado nas espécies que apresentaram r_i positivo e em duas nativas com r_i negativo. Em oito espécies registrou-se $r_i > 0,05$ (*Adonidia merrillii* (Becc.) Becc., *Astrocaryum jauari* Mart., *Cocos nucifera* L., *Bactris simplicifrons* Mart., *H. psittacorum*, *Mauritia flexusa* L., *Phoenix dactylifera* L. e *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl.), e foram consideradas hospedeiras. Entretanto, outras espécies apresentarem $r_i < 0,00$ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey, *Attalea maripa* (Aubl.), *A. rosea*, *Bactris gasipaes* Kunth, *Elaeis guineensis* Jacq., *Euterpe oleraceae* Mart. e *Euterpe precatoria* Mart.). Valores intermediário ($0,00 \leq r_i \leq 0,05$) foram observados em *Bactris maraja* Mart., *Musa* × *paradisiaca*, *Oenocarpus bacaba* Mart. e *Oenocarpus bataua* Mart., e consideradas hospedeiros secundários. As espécies nativas *A. jauari*, *B. simplicifrons*, *H. psittacorum*, *M. flexusa* e *S. exorrhiza* podem ser afetadas pela expansão de *R. indica* no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Arecaceae, praga invasora, taxa de reprodução instantânea, interação-planta-herbívoro

HOSTS OF *Raoiella indica* HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE) NATIVES OF THE
BRAZILIAN AMAZON

ABSTRACT – The *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) expansion in Brazil could to impact negatively in the native species, especially the Arecaceae family. To determine which are at risk, we investigated: (1) the reproductive potential by estimating the instantaneous rate of increase (r_i) and (2) the development and oviposition in several hosts. The study was conducted in species of Arecaceae (12 native to the Amazon and four exotic), a native Heliconiaceae (*Heliconia psittacorum* Lf), a Zingiberaceae (*Alpinia rosea* Elmer) and Musaceae (*Musa x paradisiaca*: Prata variety). The r_i was estimated at 7, 14, 21 and 28 days. Then development time, viability immatures and oviposition *R. indica* were avaliated in the species plant with r_i positive and two natives species with r_i . In eight species recorded $r_i > 0.05$ (*Adonidia merrillii* (Becc.) Becc., *Astrocaryum jauari* Mart., *Cocos nucifera* L., *Bactris simplicifrons* Mart., *H. psittacorum*, *Mauritia flexusa* L., *Phoenix dactylifera* L. and *Socratea exorrhiza* (Mart.) H.Wendl.), and they were considered good host. However, other species presented $r_i < 0.00$ (*Astrocaryum aculeatum* G.Mey, *Attalea maripa* (Aubl.), *A. rosea*, *Bactris gasipaes* Kunth, *Elaeis guineensis* Jacq., *Euterpe oleracea* Mart. and *Euterpe precatória* Mart.). Intermediate values ($0.00 \leq r_i \leq 0.05$) were observed in *Bactris marajá* Mart., *Musa x paradisiaca* L. (Prata variety), *Oenocarpus bacaba* Mart. e *Oenocarpus bataua* Mart., and were considered secondary hosts. *Raoiella indica* is not a threat to the species that had $r_i < 0.05$. However, the native species *A. jauari*, *B. simplicifrons*, *H. psittacorum*, *M. flexusa* and *S. exorrhiza* may be affected by the expansion of *R. indica* in Brazil.

KEY WORDS: Arecaceae, invasive species, instantaneous rate of increase, interaction-plant-herbivore

Introdução

O ácaro vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), foi descrito na Índia a partir de amostras de *Cocos nucifera* L. (Hirst 1924). Esta espécie invasora antes de ser detectada no Caribe por Flechtmann & Etienne (2004), tinha sido relatada apenas no Hemisfério Oriental (África do Sul, Egito, Emirados Árabes, Filipinas, Grécia, Ilha La Reunion, Ilha Maurício, Índia, Iraque, Iran, Israel, Jordânia, Paquistão, Quênia, Sri Lanka, Sudão e Turquia) (Hirst 1924, Dowling *et al.* 2012, Kane *et al.* 2012). Atualmente está disseminada praticamente por todo o Caribe (Kane *et al.* 2012), estando presente também na Flórida (Peña *et al.* 2012), Venezuela (Vásquez *et al.* 2008), México (NAPPO 2009), Brasil (Navia *et al.* 2011) e Colômbia (Carrillo *et al.* 2011). Desde a constatação de *R. indica* no estado de Roraima (Brasil) em 2009 (Navia *et al.* 2011) e depois no Amazonas (Rodrigues & Antony 2011), a praga esteve restrita a região Norte. Contudo, em 2015 foi detectada em São Paulo, Mato Grosso do Sul, Sergipe, Alagoas e Ceará (EMBRAPA 2015, Oliveira *et al.* 2016).

No Hemisfério Oriental, *R. indica* tinha sido associada somente a quatro gêneros de plantas da família Arecaceae: *C. nucifera* (Hirst 1924, Moutia 1958, NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984, Ueckermann 2004), *Phoenix dactylifera* L. (Sayed 1942, Moutia 1958, Pritchard & Baker 1958, Zaher *et al.* 1969, Chaudhri *et al.* 1974, Gerson *et al.* 1983, Al-Gboory 1987), *Dictyosperma album* (Borg.) (Moutia 1958), *Areca* sp. (Pritchard & Baker 1958) e *Areca catechu* L. (NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984). Contudo, ao chegar nas Américas, expandiu o número de hospedeiras, chegando atualmente a 95 espécies, distribuídas em 58 gêneros e 8 famílias: Arecaceae, Cannaceae, Cycadaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae (Etienne & Flechtmann 2006, Welbourn 2006, González-Reus & Ramos 2010, Carrillo *et al.* 2012, Vásquez & Moraes 2012), sendo 81% das espécies pertencentes a família Arecaceae. Todas as espécies de plantas confirmadas como hospedeiras de *R. indica* são

monocotiledôneas (Carrillo *et al.* 2012). Embora, existam relatos de *R. indica* em dicotiledôneas: Apocynaceae, Fabaceae e Sterculiaceae (Vásquez *et al.* 2015), provavelmente esses espécimes encontravam-se em processo de dispersão perto de plantas hospedeiras verdadeiras. A maioria dos hospedeiros de *R. indica* na América são plantas exóticas, originárias do hemisfério Oriental (65%), e cerca de um quarto dos hospedeiros relatados são plantas nativas do Novo Mundo, principalmente da América do Sul (Carrillo *et al.* 2012). Na Amazônia brasileira são reportadas como hospedeiras de *R. indica* duas espécies de Helicônia [*Heliconia bihai* (L.), *Heliconia psittacorum* Sassy] e cinco espécies de Arecaceae [*Attalea maripa* (Aubl.) Mart., *Bactris gasipaes* Kunth, *Mauritia flexuosa* L., *Euterpe oleracea* Mart. e *Euterpe precatoria* Mart.] (Gondim *et al.* 2012).

Raoiella indica é uma praga exótica invasora (Navia *et al.* 2015), e pode causar impacto negativo a espécies de plantas nativas, especialmente da família Arecaceae (palmeiras) no território brasileiro. Consequentemente, pode afetar a indústria, o mercado, a subsistência e a vida silvestre da floresta tropical. Por isso, para determinar quais as palmeiras nativas sofrem maior risco (econômico e ambiental) com a expansão desta praga no Brasil, o presente estudo objetivou: (1) determinar o potencial reprodutivo de *R. indica* pela estimativa da taxa de reprodução instantânea (r_i); e (2) avaliar o desenvolvimento e a oviposição em diversos hospedeiros nativos e exóticos no Brasil.

Material e Métodos

Obtenção e Manutenção de Mudanças dos Hospedeiros de *Raoiella indica*. *Attalea maripa* (inajá) (em parte), *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. (tucumá), *B. gasipaes* (pupunha), *Bactris maraja* Mart. (marajá), *Bactris simplicifrons* Mart. (ubim), *M. flexuosa* (buriti), *Oenocarpus bacaba* Mart. (bacaba), *Oenocarpus bataua* Mart. (patauá) e *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. (paxiúba)

foram coletadas na Fazenda Confiança, pertencente a Embrapa Roraima e localizada no município de Cantá (02°36'36''N 60°35'49''O). *Euterpe oleracea* (açai-do-Pará) (em parte) foi adquirida num viveiro comercial no município de São João de Baliza (00°57'03''N 59°54'39''O), no Sul do Estado. *Astrocaryum jauari* Mart. (jauari) foi coletada na Estação Experimental Várzea da Embrapa Roraima, Município de Cantá (2°48'55,9''N 60°39'05,7''W). *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc.) (palmeira-de-Manila) foi comprada em viveiro comercial na cidade de Boa Vista. As espécies *E. precatória* (açai-solitário), *P. dactylifera* (tamareira), *Elaeis guineensis* Jacq. (dendê), *C. nucifera* (coqueiro), *Alpinia rosea* Elmer (Zingiberaceae), *Heliconia psittacorum* L.f. (Heliconiaceae), *Musa × paradisiaca* L. (Musaceae) (banana: variedade Prata) e *A. maripa* e *E. oleracea* (em parte) foram adquiridas no banco de germoplasma de Embrapa Roraima, em Boa Vista (2°45'29,2''N 60°43'54,7''O). Todas as plantas foram mantidas em casa de vegetação em vasos de 20 litros, onde permaneceram com irrigação adequada e aplicação semanal de fertilizante (MaxSol[®] micro e macro nutrientes) em solução de 3g/L, a razão de 25ml/vaso.

Obtenção e Criação de *Raoiella indica*. Os espécimes de *R. indica* foram obtidos inicialmente de plantas de *C. nucifera* no município de Boa Vista (2°45'29,2''N 60°43'54,7''O). Adultos de *R. indica* foram transferidos com pincel n°. 000 para uma unidade de criação constituída por uma bandeja plástica de 30 x 19 x 5 cm, contendo, no interior, espuma de polietileno de 1 cm de espessura e papel de filtro, ambos com dimensões de 30 x 18 cm. De três a quatro folíolos de *A. merrillii* foram colocados sobre o papel filtro e circundados por cola (Tanglefoot[®]) e algodão hidrófilo umedecido com água destilada para evitar a fuga dos ácaros. As arenas foram renovadas semanalmente. A criação estoque foi mantida no laboratório em condições ambientais de $26,2 \pm 0,07$ °C e U.R. $59,5 \pm 0,56\%$, em fotofase natural de 12 h aproximadamente, durante quatro meses antes da utilização dos ácaros nos experimentos. Com aproximadamente 21 dias antes de iniciar cada experimento foram preparadas arenas com folhas de *A. merrillii*. Em cada arena foram

transferidas a partir da criação estoque 100 fêmeas adultas, que foram retiradas após 24 h, deixando-se apenas os ovos, que constituíram a unidade de criação. Estas unidades de criação foram monitoriadas diariamente até a emergência dos adultos e mantidas nas mesmas condições ambientais que a criação estoque.

Taxa de Reprodução Instantânea (r_i). O experimento foi conduzido, em casa de vegetação, na Embrapa Roraima. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, constituído de 5 blocos e 19 espécies de plantas. Em cada terço da planta (basal, mediano e apical) foi delimitada com cola (Tanglefoot[®]) uma área de 1,5 x 3,0 cm, numa folha ou folíolo, conforme espécie de planta, para onde foram transferidas 3 fêmeas adultas de *R. indica* a partir da unidade de criação, com aproximadamente 21 dias de idade. A contagem de todas as formas ativas e ovos foi realizada aos 7, 14, 21 e 28 dias, após o confinamento dos ácaros. Posteriormente foi estimada a taxa de reprodução instantânea (r_i) de *R. indica* através da fórmula proposta por Hall (1964):

$$\text{Sendo: } r_i = \ln(n_f/n_o) / \Delta_t \quad (1)$$

Onde:

n_f : População final

n_o : População inicial

Δ_t : Intervalo de tempo entre o tempo inicial e o tempo final do bio-ensaio.

$$\text{Sendo: Valores médios de } r_i = [(r_{i7} + r_{i14} + r_{i21} + r_{i28}) / 4] \quad (2)$$

Onde:

r_{i7} : taxa de reprodução instantânea de cada espécie aos 7 dias após o confinamento;

r_{i14} : taxa de reprodução instantânea de cada espécie aos 14 dias após o confinamento;

r_{i21} : taxa de reprodução instantânea de cada espécie aos 21 dias após o confinamento;

r_{i28} : taxa de reprodução instantânea de cada espécie aos 28 dias após o confinamento.

Foi assumido que: valores médios $r_i > 0,05$ indicam que a espécie de planta é hospedeira; valores médios entre 0,0 e 0,05 indicam hospedeiro secundário; e valores médios negativos ($r_i < 0,0$) indicam que a espécie não é hospedeira, modificado de Stark *et al.* (1997) e Walthall & Stark (1997).

Biologia de *Raoiella indica* em Espécies Nativas e Exóticas. Neste experimento foram avaliadas as espécies de plantas hospedeiras em que *R. indica* apresentou valores médios da taxa de reprodução instantânea (r_i) positiva [*A. jauari*, *A. merrillii*, *B. simplicifrons*, *C. nucifera*, *H. psittacorum*, *M. flexuosa*, *Musa* × *paradisiaca* (variedade Prata), *O. bacaba*, *O. bataua*, *P. dactylifera* e *S. exorrhiza*], exceto *B. maraja*, cuja população foi extinta aos 28 dias após o confinamento das fêmeas, e duas espécies nativas com r_i negativo (*E. precatória* e *E. oleracea*), que foram adicionadas devido sua importância econômica para a região amazônica. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foram utilizadas 5 plantas [*A. merrillii*, *E. precatória*, *E. oleracea*, *M. flexuosa*, *O. bacaba* *O. bataua*, *P. dactylifera* e *Musa* × *paradisiaca* (variedade Prata)] ou 8 a 10 plantas (*A. jauari*, *B. simplicifrons*, *C. nucifera*, *H. psittacorum*, e *S. exorrhiza*), conforme a arquitetura/estrutura das espécies.

Três fêmeas adultas de *R. indica* provenientes da unidade de criação, com aproximadamente 21 dias de idade, foram isoladas numa arena (área foliar de 2,0 x 3,0cm), delimitada com cola (Tanglefoot[®]) e localizada na região mediana de sete folíolos (folha compostas) ou 7 réplicas numa folha (folha simples). Após 24 h, as fêmeas foram retiradas, e deixados entre um e cinco ovos por unidade experimental. As observações foram realizadas diariamente, registrando-se a duração do desenvolvimento de cada estágio imaturo e viabilidade. Após a emergência, os adultos foram transferidos a novas arenas para formação de casais com machos da criação. As observações continuaram diariamente, registrando-se a sobrevivência e oviposição. A razão sexual foi determinada pelos descendentes obtidos nos primeiros 10 dias de

oviposição (Schulten 1985). Em caso de morte, o macho foi substituído por outro da criação estoque até a morte da fêmea.

Todas as avaliações, tanto a taxa de reprodução instantânea, quanto a biologia de *R. indica*, foram realizadas com uma lupa de bolso LED HG498 (30x ou 60x). As condições ambientais foram registradas a cada 10 minutos, utilizando-se um Hobo Data Loggers[®].

Analises Estatísticas. Os dados da taxa de reprodução instantânea (r_i) foram submetidos à análise de variância de blocos ao acaso (Proc Generalized Linear Models, GLM). A taxa de reprodução instantânea, viabilidade das formas imaturas, tempo de desenvolvimento, período de oviposição, razão sexual, longevidade e oviposição diária foram sujeitos a uma análise de variância (Proc GML), usando o pacote estatístico SAS versão 9.0 (SAS Institute 2003, 2008), após serem testados para a normalidade e homocedasticidade (testes de Kolmogorov e Bartlett), respectivamente. Os dados que não assumiram normalidade foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Proc NPAR1WAY), do SAS versão 9.0 (SAS Institute 2003, 2008).

Os parâmetros da tabela de vida e fertilidade de *R. indica* [taxa líquida de reprodução (R_0), tempo médio da geração (T) e taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m)] foram estimados através do programa computacional SAS/Enterprise Guide 4.3 (SAS Institute 2003, 2008), adaptando o modelo descrito por Maia *et al.* (2000), o qual utiliza o método “Jackknife” para estimar intervalos de confiança das médias dos tratamentos e permite comparações entre pares de tratamentos empregando-se o teste “T”.

Resultados

Taxa de Reprodução Instantânea (r_i). A taxa de reprodução instantânea (r_i) de *R. indica* foi afetada pelo hospedeiro aos 7 dias ($\chi^2=197,18$; G.L._{18, 250}; P < 0,0001), 14 dias ($\chi^2 =130,71$;

G.L._{17, 170}; $P < 0,0001$), 21 dias ($\chi^2=60,47$; G.L._{13, 117}; $P < 0,0001$) e 28 dias ($\chi^2=62,37$; G.L._{9, 104}; $P < 0,0001$)] após o confinamento dos ácaros (Tabela 1). Valores médios positivos da estimativa de r_i acima de 0,05 foram observados, decrescentemente, quando *R. indica* foi mantido em *A. merrillii*, *C. nucifera*, *B. simplicifrons*, *M. flexuosa*, *A. jauari*, *S. exorrhiza*, *P. dactylifera* e *H. psittacorum*. *Raoiella indica* apresentou valores médios de $r_i < 0$ em *A. aculeatum*, *A. maripa*, *A. rosea*, *B. gasipaes*, *E. guineensis*, *E. oleraceae* e *E. precatória*. Valores médios de r_i ($0,00 \leq r_i \leq 0,05$) foram observados em *B. maraja*, *O. bacaba*, *O. bataua* e *Musa × paradisiaca* (variedade Prata).

Biologia de *Raoiella indica* em Espécies Nativas e Exóticas. *Raoiella indica* completou o desenvolvimento em todas as espécies de plantas avaliadas, tanto nas nativas, quanto nas exóticas (Tabela 2). Os valores médios do tempo de desenvolvimento variaram de 14 dias para *C. nucifera* a 21 dias para *Musa × paradisiaca* (variedade Prata), portanto a planta hospedeira influenciou o desenvolvimento de *R. indica* ($\chi^2=235,6$; G.L._{12, 303}; $P < 0,0001$). O mesmo foi verificado para a viabilidade ($\chi^2=140,1$; G.L._{12, 399}; $P < 0,0001$) que variou de 95% em *C. nucifera* a 2% em *E. oleraceae* (Tabela 2).

A longevidade média de *R. indica* foi maior em *P. dactylifera* (47 dias) e menor em *M. flexuosa* (19 dias), esta última não diferindo de *Oenocarpus* spp. e *A. merrillii* ($\chi^2=164,5$; G.L._{10, 460}; $P < 0,0001$). O mesmo padrão de resultados foi observado para o período de oviposição, sendo maior em *P. dactylifera* (34 dias) e menor em *M. flexuosa* e *Oenocarpus* spp. (9,6 dias) ($\chi^2=164,9$; G.L._{10, 434}; $P < 0,0001$). O número total de ovos/fêmea também foi maior em *P. dactylifera* (25 ovos) e menor em *O. bataua* (5 ovos) e *Musa × paradisiaca* (variedade Prata) (4 ovos) ($\chi^2=234,5$; G.L._{10, 460}; $P < 0,0001$). Contudo, não houve diferença na razão sexual para os diferentes hospedeiros ($\chi^2=17,18$; G.L._{10, 99}; $P < 0,0705$), tendo sido observado valores médios entre 0,57 e 0,72 (Tabela 3).

A Taxa líquida de reprodução (R_0) de *R. indica* foi afetada em função da planta hospedeira ($p < 0,05$), sendo maior em *P. dactylifera* (≈ 15 vezes) e menor *O. bataua* (≈ 1 vez). A taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) também foi influenciada pelo hospedeiro ($P < 0,05$), sendo maior para *A. merrillii*, *C. nucifera* e *S. exorrhiza* ($\approx 0,1$) e menor em *O. bataua* ($-0,002$). O tempo médio da geração (T) também foi afetado ($P < 0,05$), sendo maior em *O. bataua* (36 dias) e menor em *A. merrillii* (20 dias) (Tabela 4).

Discussão

A estimativa da taxa de reprodução instantânea revelou que a habilidade da espécie invasora *R. indica* para incrementar a população no tempo pode ser afetada pela planta hospedeira, apresentando valores positivos, intermediários e negativos. Mas, no transcurso do tempo, foi observado que houve redução do r_i nas espécies de planta onde *R. indica* apresentou valores positivos e altos aos 7 dias, após confinamento dos ácaros, provavelmente devido à capacidade de suporte do ambiente, podendo ter gerado competição intraespecífica por alimento e espaço. Embora, em *O. bacaba* a população de *R. indica* se manteve estável, com ligeiras oscilações desde o dia 7 até o dia 28 após confinamento dos ácaros, como observado por Walthall & Stark (1997) ao estudar a r_i de *Acyrtosiphon pisum* Harris. Tendência similar foi observada em *Musa x paradisiaca* (variedade Prata), que apresentou um ligeiro incremento populacional. No entanto, *Raoiella indica* não conseguiu incrementar a população no tempo em algumas espécies de plantas (*A. aculeatum*, *A. maripa*, *A. rosea*, *B. gasipae*, *B. maraja*, *E. guineensis*, *E. oleraceae*, *E. precatória* e *O. bataua*), levando à população testada a extinção (Tabela 1). Desta forma, acredita-se que estas espécies não estão ameaçadas com a expansão da distribuição geográfica de *R. indica* no Brasil. Nas supracitadas espécies se desconhece o que pode ter interferido no desempenho de

R. indica, mas provavelmente foi devido a fatores de defesa da planta (Painter 1958, Price 1986, Stout 2013).

Nas palmeiras, a variabilidade da estrutura foliar envolve características que conferem capacidades mecânicas ou fisiológicas distintas, tais como as escamas da face abaxial nas folhas, presença de cera epicuticular, assim como a presença de tricomas em diferentes densidades (Fig. 1) (Valverde *et al.* 2001, Horn *et al.* 2009, Beard *et al.* 2012). Segundo Isman & Grieneisen (2014) as plantas desenvolveram um complexo arsenal químico (terpenoides, flavonoides, taninos e alcaloides) com atividades fitoquímicas, que podem atuar como deterrentes à alimentação ou oviposição, reduzindo o desempenho dos herbívoros (Pavela 2010, Rattan 2010, Novaes *et al.* 2013). Os resultados obtidos no presente estudo reforçam a importância de se conhecer as características das plantas hospedeiras e de como as mesmas atuam sobre as pragas a elas associadas.

As espécies nativas do Brasil *A. jauari*, *B. simplicifrons*, *M. flexusa*, *O. bacaba*, *S. exorrhiza* e *H. psittacorum* podem estar em risco com a expansão de *R. indica* no território nacional, assim como as palmeiras exóticas (*A. merrillii*, *C. nucifera* e *P. dactylifera*) ($p < 0,05$), além da bananeira que também pode ser seriamente afetada pela expansão de *R. indica* (Tabela 1). Especialmente no caso de *A. merrillii* que está na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) como “quase ameaçada”, devido à perda e degradação do habitat, concorrência com espécies introduzidas e herbivoria (IUCN 2016).

O tempo de desenvolvimento de *R. indica* em coqueiro observado neste trabalho (≈ 15 dias) foi bem mais curto que os relatados em outros trabalhos para o mesmo hospedeiro e condições ambientais semelhantes (22-33 dias) (Moutia 1958, NageshaChandra & ChannaBasavanna 1984, González-Reyes & Ramos 2010), assim como para outros hospedeiros (Zaher *et al.* 1969, González-Reyes & Ramos 2010, Vásquez *et al.* 2015). A elevada viabilidade das formas imaturas

verificadas neste trabalho ($\approx 0,95$), juntamente com o menor tempo de desenvolvimento do ácaro no coqueiro indicam que esta palmeira deve ser um dos hospedeiros naturais de *R. indica*, sobretudo pelo fato do coqueiro ser uma palmeira nativa da Ásia (Gunn *et al.* 2011, Loiola *et al.* 2016), assim como este ácaro (Dowling *et al.* 2012). O número total de ovos por fêmea observado neste trabalho (≈ 15 ovos) foi muito próximo (≈ 16 ovos) ao observado por Vásquez *et al.* (2015) em coqueiro.

Entre as espécies que se comportaram como hospedeiras para *R. indica* (*A. jauari*, *A. merrillii*, *B. simplicifrons*, *C. nucifera*, *M. flexusa*, *Musa* \times *paradisiaca* (variedade Prata), *O. bacaba*, *P. dactylifera*, *S. exorrhiza* e *H. psittacorum*) existem plantas de extrema importância socio-econômica não só para o Brasil, como ao nível mundial, como é o caso da bananeira, coqueiro e da tamareira (Jaradat & Zaid 2004, Heslop-Harrison & Schwarzacher 2007, Janick & Paull 2008, Johnson 2010). O Brasil apresenta uma área de aproximadamente 300 mil ha (FAOSTAT 2012) cultivadas com o coqueiro, e acredita-se que esta área esteja ameaçada por *R. indica*. Se apenas aqueles cocoicultores mais produtivos têm condições de adotar o controle químico para *A. guerreronis* que ataca diretamente o fruto, produto comercializado do coqueiro (Melo *et al.* 2012, Rezende *et al.* 2016), provavelmente comportamento semelhante ocorrerá com *R. indica* que causa danos nos folíolos.

As espécies nativas que se comportaram como hospedeiras para *R. indica* (*A. jauari*, *B. simplicifrons*, *M. flexusa*, *O. bacaba*, *S. exorrhiza* e *H. psittacorum*) apresentam grande relevância como culturas indígenas, extrativistas para populações rurais e um complexo ecológico da floresta tropical muito útil para a manutenção da vida silvestre (Cymerys *et al.* 2005, Janick & Paull 2008, Mesa & Galeano 2013). Muitas destas palmeiras se concentram em áreas de preservação onde ações de controle serão mais dificilmente adotadas. Portanto, estas espécies estão sob ameaça de

R. indica no Brasil e torna-se recomendável o desenvolvimento de estudos que visem o manejo desta praga com agentes naturais de controle.

Agradecimentos

CAPES/Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação/PEC-PG. A Embrapa Roraima, em especial ao Sr. Mário Coelho e ao Dr. Oscar Smiderle pela aquisição e identificação das espécies de plantas e a estagiária Luiza Rodríguez pela revisão e transcrição dos dados. Ao Prof. Carlos Flechtmann pelo empréstimo de material bibliográfico.

Literatura Citada

- Beard, J.J., R. Ochoa, G.R. Bauchan, W.C. Welbourn, C. Pooley & A.P.G. Dowling. 2012.** External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoida): *Raoiella* a case study. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 227-255.
- Carrillo, D., D. Navia, F. Ferragut & J.E. Peña. 2011.** First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. *Fla. Entomol.* 94: 370-371.
- Carrillo, D., D. Amalin, F. Hosein, A. Roda, R.E. Duncan & J.E. Peña. 2012.** Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 271-289.
- Chaudhri, W.M., S. Akbar, & A. Rasol. 1974.** Taxonomic studies of the mites belonging to the families Tenuipalpidae, Tetranychidae, Tuckerellidae, Caligonellidae, Stigmaeidae and Phytoseiidae. Lyallpur, University of Agriculture, 250p.
- Cymerys, M., N.M.P. Fernandes & O.C. Rigamonte-Azevedo. 2005.** Burity *Mauritia flexuosa* L.f., p.181-187. In P. Shanley & G. Medina (eds.), *Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica*. Belém, CIFOR, Imazon, 300p.
- Dowling, A.P.G., R. Ochoa, J.J. Beard, W.C. Welrn & E.A. Ueckermann. 2012.** Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity, distribution, and world invasions. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 257-269.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2015.** Fique atento ao ácaro-vermelho-das-palmeiras. Aracajú, Embrapa Tabuleiros Costeiros. Disponível em internet: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/8356528/fique-atento-ao-acaro-vermelho-das-palmeiras>. Acesso 29/04/2016.
- Etienne, J. & C.H.W. Flechtmann. 2006.** First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. *Int. J. Acarol.* 32: 331-332.

- FAO STAT (Food and Agriculture Organization of the United State). 2012.** World Production. <http://faostat.fao.org>. Acesso 22/05/2016.
- Flechtmann, C.H.W. & J. Etienne. 2004.** The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Syst. Appl. Acarol.* 9: 109-110.
- Gerson, U., A. Venezian & D. Blumberg. 1983.** Phytophagous mites on date palms in Israel. *Fruits* 38: 133-135.
- Gondim Jr., M.G.C., T.M.M.G. Castro, A.L. Marsaro, D. Navia, J.W.S. Melo, P.R. Demite & G.J. Moraes. 2012.** Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation? *Syst. Biodivers.* 10: 527-535.
- González-Reus, M. & M. Ramos. 2010.** Plantas hospedantes de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en el municipio Santiago de Cuba. *Rev. Protección Veg.* 25: 5-6.
- González-Reyes, A.I. & M. Ramos. 2010.** Desarrollo y reproducción de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en laboratorio. *Rev. Protección Veg.* 25: 7-10.
- 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.
- Isman, M.B. & M.I. Grieneisen. 2014.** Insecticide research: many publications, limited useful data. *Trens Plant Scic.* 19: 140-145.
- Loiola, C.M., A.O.N. Azevedo, L.E.C. Diniz, W.M. Aragão, C.D.O. Azevedo, P.H.A.D. Santos, et al. 2016.** Genetic relationships among tall coconut palm (*Cocos nucifera* L.) Accessions of the International Coconut Genebank for Latin America and the Caribbean (ICG-LAC), evaluated using microsatellite markers (SSRs). *PLoS ONE* 11: e0151309. d
- Hall, D.J. 1964.** An experimental approach to the dynamics of a natural population of *Daphnia galeata mendotae*. *Ecology* 45: 94-112.
- Heslop-Harrison, J.S. & T. Schwarzacher. 2007.** Domestication, genomics and the future for banana. *Ann. Bot.* 100: 1073-1084.
- Hirst, S. 1924.** On some new species of red spider. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 14: 522-527.
- Horn, W.J., J.B. Fisher, P.B. Tomlinson, C.E. Lewis & K. Laubengayer. 2009.** Evolution of lamina anatomy in the palm family (Arecaceae). *Am. J. Bot.* 96: 1462-1486.
- IUCN, (International Union for Conservation of Nature's). 2016.** Red list of threatened species: Version 2015-4. Disponível em internet: www.iucnredlist.org. Acesso 23/05/2016.
- Janick, J. & R.E. Paull. 2008.** The encyclopedia of fruits and nuts. London, CABI, 976p.
- Jaradat, A.A. & A. Zaid. 2004.** Quality traits of date palm in a center of origin and center of diversity. *J. Food Agric. Environ.* 2: 208-217.

- Johnson, D.V. 2010.** Non-wood forest products: tropical palms. Roma, FAO, 242p.
- Kane, E.C., R. Ochoa, G. Mathurin, E.F. Erbe & J.J. Beard. 2012.** *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 215-225.
- Maia, A.H.N., A.J.B. Luiz & C. Campanhola. 2000.** Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- 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: 626–630.
- Mesa, L. & G. Galeano. 2013.** Uso y manejo de las palmas (Arecaceae) por los Piapoco del Norte de la Amazonia colombiana. *Acta Bot. Venez.* 36: 15-38.
- Moutia, L.A. 1958.** Contribution to study of some phytophagous Acarina and their predators in Mauritius. *Bull. Entomol. Res.* 49: 59-75.
- NageshaChandra, B.K., & G.P. ChannaBasavanna. 1984.** Plant mites, p.785-790. In D.A. Griffiths & C.E. Bowman (eds.), *Acarology VI* (2). West Sussex, Ellis Horwood, 1296p.
- NAPPO (North American Plant Protection Organization). 2009.** Detection of the red palm mite (*Raoiella indica*) in Cancun and Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico. Disponivel em internet: <http://www.pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=406> . Acesso 03/02/2013.
- Navia, D., E.G.F. Morais, R.S. Mendonça, & M.G.C. Gondim Jr. 2015.** Ácaro vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, p. 418-452. In Vilela E.F. & R.A. Zucchi (eds.), *Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros*. Piracicaba, ESALQ/USP, 908p.
- Navia, D., A.L. Marsaro Jr., F.R. Silva, M.G.C. Jr. Gondim & G.J. Moraes. 2011.** First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. *Neotrop. Entomol.* 40: 409-411.
- Novaes, P., J.M.G. Molinillo, R.M. Varela & F.A. Macías. 2013.** Ecological phytochemistry of Cerrado (Brazilian savanna) plants. *Phytochem. Rev.* 12: 839-855.
- Oliveira, D.C., E.P. Prado, G.J. Moraes, E.G.F. Morais, E.A. Chagas, M.G.C. Gondim Jr., D. Navia. 2016.** First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in southeastern Brazil. *Fla. Entomol.* 99: 123-125.
- Painter, R.H. 1958.** Resistance of plants to insects. *Annu. Rev. Entomol.* 3: 267-290.
- Pavela, R. 2011.** Natural products as allelochemicals in pest management, p. 134-148. In N.K. Dubey (ed.), *Natural products in plant pest management*. London, CABI, 306p.
- Peña, J.E., J. Bruin & M.W. Sabelis. 2012.** Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 211-213.

- Price P.W. 1986.** Ecological aspects of host plant resistance and biological control: interactions among three trophic levels, p. 11-36. In D.J. Boethel & R.D. Eikenbary (eds.), Interactions of plant resistance and parasitoids and predators of insects. New York, John Wiley, 221p.
- Pritchard, A.E. & E.W. Baker. 1958.** The false spider mites (Acarina: Tenuipalpidae). Univ. Calif. Publ. Entomol. 14: 175-274.
- Rattan, R.S. 2010.** Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop Protect. 29: 913-920.
- Rezende, D., J.W.S. Melo, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2016.** Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. Exp. Appl. Acarol. DOI 10.1007/s10493-016-0039-0.
- Rodrigues, J.C.V. & L.M.K. Antony. 2011.** First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. Fla. Entomol. 94: 1073-1074.
- SAS Institute Inc. 2003.** SAS 9.1 for Windows. Cary, NC, USA.
- SAS Institute Inc. 2008.** JMP 8.0.2 for Windows. Cary, NC, USA.
- Sayed, M. 1942.** Contribution to the knowledge of Acarina in Egypt: 1. The genus *Raoiella* Hirst (Pseudotetranychidae: Tetranychidae). Bull. Soc. Entomol. Egypt. 26: 81-91.
- Stark, J.D., L. Tanigoshi, M. Bounfour & A. Antonelli. 1997.** Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. Ecotoxicol. Environ. Saf. 37: 273-279.
- Stout, M.J. 2013.** Host-plant resistance in pest management, p. 1-21. In D. Abrol (ed.), Integrated pest management: current concepts and ecological perspective. Amsterdam, Elsevier, 584p.
- Ueckermann, E.A. 2004.** Taxonomic research in acarology, p.12-13. In S. Baret, M. Rouget, I. Nänni, T. Le Bourgeois. Saint Pierre-Saint Denis, Proc. workshop on biodiversity dynamics on La Reunion island. 29th November-5th December, 72p.
- Valverde, P.L., J. Fornoni & J. Nunez-Farfán. 2001.** Defensive role of leaf trichomes in resistance to herbivorous insects in *Datura stramonium*. J. Evol. Biol. 1: 424-432.
- Vásquez, C. & G.J. Moraes. 2012.** Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela. Exp. Appl. Acarol. 60: 73-82.
- Vásquez, C., Y. Colmenárez & G.J. Moraes. 2015.** Life cycle of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. Exp. Appl. Acarol. 65: 227-235.
- Vásquez, C., M. Quirós, O. Aponte & D.M.F. Sandoval. 2008.** Primer reporte de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Sur América. Neotrop. Entomol. 37: 739-740.

- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (rm) and instantaneous (ri) rates of increase. *Environ. Toxicol. Chem.* 16: 1068–1073.
- Welbourn, C. 2006.** Pest alert: Red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Florida, FDACS FDACS-Division of Plant Industry, 7p. (DACS-P 01645).
- Zaher, M.A., K.A. Wafa & A.A. Yousef. 1969.** Biological studies on *Raoiella indica* Hirst and *Phyllotranychus aegyptiacus* Sayed infesting Date palm trees in U.A.R. (Acarina: Tenuipalpidae). *Z. Angew. Entomol.* 63: 406-411.

Tabela 1. Estimativa da taxa de reprodução instantânea (r_i) de *Raoiella indica* em diferentes hospedeiros. Boa Vista, RR, Brasil

(T= 28,9 ± 4,03 °C, U.R.= 78,4 ± 13,32 % e fotofase natural).

| Espécies | Família | N ¹ | Taxa de reprodução instantânea | | | | | Média ³ | Estatus |
|--|---------------|----------------|--------------------------------|----------------|------------------|----------------|--------------|-------------------------|---------|
| | | | dia 7 | dia 14 | dia 21 | dia 28 | | | |
| EXÓTICAS | | | | | | | | | |
| <i>Adonidia merrillii</i> | Arecaceae | 3 | 0,34 ± 0,01 a ² | 0,18 ± 0,01 a | 0,11 ± 0,01 a | 0,11 ± 0,01 a | 0,19 ± 0,01 | Hospedeira ⁴ | |
| <i>Cocos nucifera</i> | “ | 3 | 0,26 ± 0,01 b | 0,16 ± 0,01 ab | 0,11 ± 0,01 ab | 0,08 ± 0,01 b | 0,15 ± 0,01 | Hospedeira | |
| <i>Elaeis guineensis</i> | “ | 3 | -0,01 ± 0,01 ef | Extinta | | | -0,01 ± 0,02 | Não Hospedeira | |
| <i>Phoenix dactylifera</i> | “ | 3 | 0,16 ± 0,02 c | 0,08 ± 0,02 ef | 0,04 ± 0,01 def | 0,04 ± 0,01 c | 0,08 ± 0,01 | Hospedeira | |
| <i>Alpinia rosea</i> | Zingiberaceae | 3 | 0,01 ± 0,02 e | -0,03 ± 0,01 g | -0,05 f | Extinta | -0,02 ± 0,01 | Não Hospedeira | |
| <i>Musa × paradisiaca</i> ⁵ | Musaceae | 3 | -0,01 ± 0,04 ef | 0,02 ± 0,04 fg | 0,03 ± 0,08 cdfe | 0,06 abcd b | 0,02 ± 0,03 | Hosp. Secundária | |
| NATIVAS | | | | | | | | | |
| <i>Astrocaryum aculeatum</i> | Arecaceae | 3 | 0,00 ± 0,02 e | -0,05 ± 0,01 g | Extinta | | -0,02 ± 0,01 | Não Hospedeira | |
| <i>Astrocaryum jauari</i> | “ | 3 | 0,23 ± 0,01 b | 0,12 ± 0,01 cd | 0,06 ± 0,01 d | 0,03 ± 0,01 c | 0,11 ± 0,01 | Hospedeira | |
| <i>Attalea maripa</i> | “ | 3 | -0,06 ± 0,02 ef | -0,06 ± 0,01 g | -0,05 ± 0,01 f | Extinta | -0,05 ± 0,02 | Não Hospedeira | |
| <i>Bactris gasipaes</i> | “ | 3 | -0,04 ± 0,02 ef | -0,04 ± 0,02 g | Extinta | | -0,04 ± 0,0 | “ | |
| <i>Bactris maraja</i> | “ | 3 | 0,07 ± 0,02 d | 0,00 ± 0,01 g | 0,00 def | Extinta | 0,02 ± 0,01 | Hosp. Secundária | |
| <i>Bactris simplicifrons</i> | “ | 3 | 0,22 ± 0,01 b | 0,13 ± 0,01 bc | 0,09 ± 0,01 | 0,07 ± 0,01 b | 0,13 ± 0,01 | Hospedeira | |
| <i>Euterpe precatoria</i> | “ | 3 | -0,06 ± 0,02 ef | -0,05 ± 0,03 g | Extinta | | -0,06 ± 0,02 | Não Hospedeira | |
| <i>Euterpe oleracea</i> | “ | 3 | 0,02 ± 0,02 de | -0,04 ± 0,02 g | Extinta | | -0,01 ± 0,01 | “ | |
| <i>Mauritia flexuosa</i> | “ | 3 | 0,25 ± 0,01 b | 0,13 ± 0,01 c | 0,06 ± 0,01 | 0,02 ± 0,01 cd | 0,12 ± 0,01 | Hospedeira | |
| <i>Oenocarpus bacaba</i> | “ | 3 | 0,06 ± 0,03 de | 0,04 ± 0,02 ef | 0,06 ± 0,01 | 0,05 ± 0,01 c | 0,05 ± 0,01 | Hosp. Secundária | |
| <i>Oenocarpus bataua</i> | “ | 3 | 0,00 ± 0,04 e | 0,00 ± 0,04 g | 0,06 ± 0,02 | Extinta | 0,02 ± 0,02 | “ | |
| <i>Socratea exorrhiza</i> | “ | 3 | 0,21 ± 0,02 bc | 0,09 ± 0,02 de | 0,04 ± 0,01 | 0,02 ± 0,01 cd | 0,09 ± 0,01 | Hospedeira | |
| <i>Heliconia psittacorum</i> | Heliconiaceae | 3 | 0,16 ± 0,02 c | 0,09 ± 0,01 ef | 0,03 ± 0,01 | 0,01 ± 0,01 d | 0,07 ± 0,01 | “ | |

¹Número inicial de fêmeas /unidade experimental. ²Médias ± EP seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pela comparação de tratamentos (P > 0,05) através do Teste de Kruskal-Wallis. ³⁻⁴Hospedeira: Média $r_i > 0,05$; Hospedeira Secundária: Média $0,0 \leq r_i \leq 0,005$, e Não Hospedeira: Média $r_i < 0$. ⁵Variedade Prata.

Tabela 2. Tempo de desenvolvimento (dias) e viabilidade (%) (média \pm EP) de *Raoiella indica* em diferentes hospedeiros. Boa Vista, RR, Brasil (T= 30,3 \pm 4,61 $^{\circ}$ C, U.R.: 69,4 \pm 15,04 % e fotofase natural).

| Hospedeiro | N ¹ | Desenvolvimento | Viabilidade |
|---|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <i>Adonidia merrillii</i> | 83 | 15,0 \pm 0,13 g ² | 85,3 \pm 2,73 ab ² |
| <i>Astrocaryum jauari</i> | 75 | 17,8 \pm 0,14c | 69,4 \pm 4,48 bcd |
| <i>Bactris simplicifrons</i> | 84 | 16,0 \pm 0,11 ef | 66,8 \pm 4,87 bcd |
| <i>Cocos nucifera</i> | 63 | 14,7 \pm 0,13 g | 95,4 \pm 1,55 a |
| <i>Euterpe oleracea</i> | 64 | 19,0 \pm 0,0 abc | 2,3 \pm 1,12 f |
| <i>Euterpe precatoria</i> | 30 | 15,4 \pm 0,07 f | 24,1 \pm 7,28 e |
| <i>Heliconia psittacorum</i> | 70 | 18,9 \pm 0,15 b | 88,9 \pm 3,02 a |
| <i>Mauritia flexuosa</i> | 74 | 17,0 \pm 0,18 cd | 55,0 \pm 5,52 cd |
| <i>Musa \times paradisiaca</i> | 152 | 21,4 \pm 0,23 a | 69,6 \pm 3,48 bc |
| <i>Oenocarpus bacaba</i> | 47 | 17,3 \pm 0,16 cd | 39,9 \pm 7,28 de |
| <i>Oenocarpus bataua</i> | 43 | 20,3 \pm 0,30 ab | 25,8 \pm 6,06 e |
| <i>Phoenix dactylifera</i> | 75 | 15,9 \pm 0,11 f | 93,3 \pm 1,73 a |
| <i>Socratea exorrhiza</i> | 67 | 16,3 \pm 0,14 e | 81,1 \pm 4,51 ab |

¹Número de repetições;

²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pela comparação de tratamentos (P > 0.05) através do teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 3. Longevidade, período de oviposição (em dias), número total de ovos/fêmea e razão sexual (Média ± EP) de *Raoiella indica* em diferentes hospedeiros. Boa Vista, RR, Brasil (T= 30,3 ± 4,61 °C, UR: 69,4 ± 15,04 % e fotofase natural).

| Hospedeiro | N ¹ | Longevidade da Fêmea | Período de Oviposição | Número Total Ovos/Fêmea | Razão Sexual |
|------------------------------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------|
| <i>Adonidia merrillii</i> | 44 | 20,1 ± 0,65cd ² | 13,8 ± 0,51fg ² | 15,8 ± 0,68b ² | 0,60 ± 0,01a |
| <i>Astrocaryum jauari</i> | 46 | 28,0 ± 1,46b | 16,8 ± 1,14cde | 10,8 ± 0,70cd | 0,63 ± 0,02a |
| <i>Bactris simplicifrons</i> | 47 | 30,9 ± 1,39b | 20,2 ± 1,34b | 12,2 ± 1,01c | 0,58 ± 0,02a |
| <i>Cocos nucifera</i> | 38 | 27,1 ± 0,97b | 18,6 ± 0,98bc | 15,4 ± 1,08b | 0,63 ± 0,08a |
| <i>Heliconia psittacorum</i> | 40 | 26,9 ± 1,40b | 15,9 ± 0,97def | 10,7 ± 0,67cd | 0,65 ± 0,02a |
| <i>Mauritia flexuosa</i> | 55 | 19,2 ± 0,94d | 11,0 ± 0,77h | 10,2 ± 0,83d | 0,62 ± 0,03a |
| <i>Musa × paradisiaca</i> | 58 | 23,1 ± 1,65c | 12,8 ± 1,19ef | 4,2 ± 0,54e | 0,72 ± 0,02a |
| <i>Oenocarpus bacaba</i> | 34 | 21,7 ± 1,34cd | 12,7 ± 1,03gh | 10,8 ± 1,07d | 0,57 ± 0,01a |
| <i>Oenocarpus bataua</i> | 27 | 20,4 ± 1,73cd | 9,6 ± 1,31h | 5,2 ± 0,68e | 0,61 ± 0,05a |
| <i>Phoenix dactylifera</i> | 51 | 47,3 ± 1,79a | 34,4 ± 1,45a | 25,0 ± 1,04a | 0,63 ± 0,01a |
| <i>Socratea exorrhiza</i> | 30 | 26,6 ± 1,39b | 17,3 ± 1,00bcd | 17,6 ± 1,25b | 0,60 ± 0,02a |

¹Número de repetições; ²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pela comparação de tratamentos (P> 0,05) através do teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 4. Taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) e tempo médio da geração (T) (Média \pm IC) de *Raoiella indica* em diferentes hospedeiros. Boa Vista, RR, Brasil (T= 30,3 \pm 4,61 °C, UR: 69,4 \pm 15,04 % e fotofase natural).

| Hospedeiros | N ¹ | R_0 (♀)(♀) ⁻¹ | R_m (♀)(♀) ⁻¹ (dia) ⁻¹ | T (dias) |
|------------------------------|----------------|-------------------------------|---|--------------------------------|
| <i>Adonidia merrillii</i> | 44 | 8,1 (7,4-8,8) b ² | 0,103(0,099-0,107) a ² | 20,3(19,9-20,7) a ² |
| <i>Astrocaryum jauari</i> | 46 | 4,7 (4,1-5,3) c | 0,061(0,056-0,066) c | 25,3(24,3-26,2) b |
| <i>Bactris simplicifrons</i> | 47 | 4,7 (3,9-5,5) cd | 0,065(0,058-0,071) c | 24,0(23,1-25,0) b |
| <i>Cocos nucifera</i> | 38 | 9,2 (7,9-10,5) b | 0,097(0,092-0,103) ab | 22,9(22,0-23,7) b |
| <i>Heliconia psittacorum</i> | 40 | 6,2 (5,4-7,0) c | 0,065(0,060-0,069) c | 28,1(27,3-28,9) c |
| <i>Mauritia flexuosa</i> | 55 | 3,5 (2,9-4,2) d | 0,058(0,050-0,065) c | 22,1(21,3-22,9) b |
| <i>Musa × paradisiaca</i> | 49 | 2,1(1,6-2,6) e | 0,028(0,018-0,038) d | 26,9(26,0-27,8) c |
| <i>Oenocarpus bacaba</i> | 34 | 2,0 (1,5-2,5) e | 0,030(0,020-0,040) d | 23,7 (22,7-30,8) bcd |
| <i>Oenocarpus bataua</i> | 27 | 0,9 (0,7-1,2) f | -0,002(-0,009-0,006) e | 36,1(33,1-39,2) e |
| <i>Phoenix dactylifera</i> | 51 | 14,7(13,5-15,9) a | 0,090(0,087-0,093) b | 30,0(29,2-30,9) d |
| <i>Socratea exorrhiza</i> | 30 | 9,0 (7,7-0,3) b | 0,094(0,087-0,100) ab | 23,4(22,6-24,2) b |

¹Número de repetições; ²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pela comparação de tratamentos (P > 0.05) pelo teste de “T”.

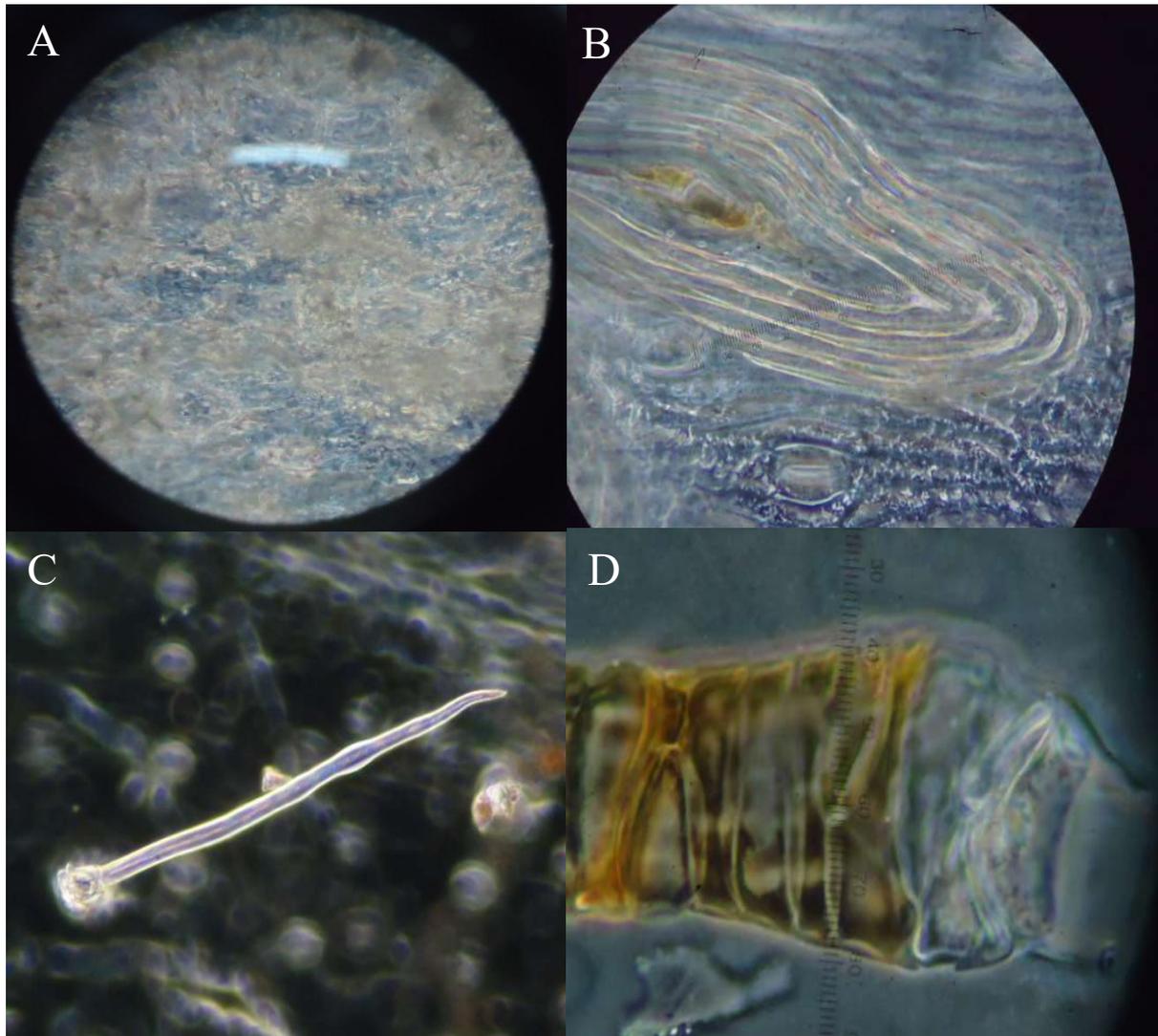


Figura 1. Estruturas de defesa de algumas espécies de Arecaceae nativas da Amazônia brasileira.

A) Farinose ou cera em *A. aculeatum*, B) Escama e cera em *O. bataua*, C) Tricoma em *B. gasipae* e D) Tricoma glandular em *B. marajá*. Foto de microscopia, técnica: impressão com esmalte.

CAPÍTULO 3

EFEITO DA UMIDADE RELATIVA DO AR NA BIOLOGIA DE *Amblyseius largoensis* MUMA (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

CRISTINA A.G. MOYA¹, MANOEL G.C. GONDIM JR.¹, GILBERTO J. MORAES² E ELISÂNGELA G.F.
MORAIS³

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

²Departamento de Entomologia e Acarologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 13498-900, Piracicaba, SP, Brasil;

³Embrapa Roraima, 69301-970, Boa Vista, RR, Brasil.

¹Gómez-Moya, C.A., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & E.G.F. Moraes. Efeito da umidade relativa do ar no desenvolvimento e sobrevivência de *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae). A ser submetido.

RESUMO - *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) é um predador comum em regiões tropicais úmidas. Questiona-se a possibilidade de uso deste inimigo natural para o controle de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) em regiões secas, como o semiárido do nordeste brasileiro. O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da umidade relativa do ar no desenvolvimento e sobrevivência, além de analisar a possível relação da umidade relativa ar com a distribuição mundial deste predador. O desenvolvimento foi avaliado a 27 °C e a níveis de umidade relativa do ar variando entre 20 e 95%, enquanto a sobrevivência e reprodução foram avaliadas à mesma temperatura e umidade relativa entre 66% e 98%. *Amblyseius largoensis* não conseguiu completar o desenvolvimento em níveis igual ou inferior a 72%, havendo um incremento na estimativa da população de 1 para 26 vezes nas condições de 66 para 91% de umidade, respectivamente. A maioria dos relatos de distribuição geográfica de *A. largoensis* está localizada em regiões tropicais (73%). O clima temperado correspondeu a 20% das ocorrências, com maior presença (9%) em temperado muito úmido (Cfa). Apenas 7% dos relatos foram em locais de clima árido quente e com baixa altitude e latitude, sendo 3% em regiões de estepe (BSh) e 4% em regiões desérticas (BWh). Estes dados sugerem que em regiões semiáridas, como a Caatinga, no nordeste brasileiro, cuja média anual de umidade relativa do ar varia de 58 a 60%, o predador *A. largoensis* dificilmente se estabeleça de forma a ser útil em programas de controle biológico de *R. indica*.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaros, *Raoiella indica*, controle biológico, distribuição geográfica

EFFECT OF RELATIVE AIR HUMIDITY ON THE BIOLOGY OF *Amblyseius largoensis*

MUMA (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

ABSTRACT – *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) is a common predator in humid tropical regions. The possibility to use this natural enemy for control *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in dry regions, such as the semi-arid region of northeastern Brazil is questioned. The objective of this study was to investigate the effect of air relative humidity on the development and survivorship of that predator, as well as to analyse the possible relation between air relative humidity and worldwide distribution of that predator. The development was evaluated at 27 °C, at relative humidity levels between 20% and 95%, while survival and reproduction were assessed at the same temperature, but between 66% and 98% relative humidity. *Amblyseius largoensis* failed to complete development at or below 72% relative humidity. However, there was an increase in the estimated population from 1 to 26 times at 66 and 91% of relative humidity, respectively. The highest geographic distribution records of *A. largoensis* is located in tropical regions (73%). The temperate climate corresponds to 20% of records, with predominance (9%) in very humid temperate (Cfa) regions. Only 7% of the reports were from hot arid places at low altitude and latitude, 3% from hot steppe (BSh) and 4% from hot desert (BWh) 4% regions. These data suggest that in semi-arid areas, as in the Brazilian northeast, where average annual air relative humidity is 58-60%, *A. largoensis* would have difficult in becoming established to be helpful in biological control programs of *R. indica*.

KEY WORDS: Mites, *Raoiella indica*, biological control, geographic distribution

Introdução

A umidade relativa do ar pode afetar a distribuição dos artrópodes nos diversos ecossistemas (Krasnov *et al.* 2001, Kreppel *et al.* 2016), interferindo no incremento das populações, de modo, que algumas espécies são adaptadas a ambientes secos, enquanto outras a ambientes úmidos (Bakker *et al.* 1993, Ghazy, *et al.* 2016, Kreppel *et al.* 2016). Portanto, os ácaros da família Phytoseiidae podem apresentar respostas diferenciadas em relação à umidade relativa do ar (Dinh *et al.* 1988, De Courcy-Williams *et al.* 2004, De Vis *et al.* 2006, Ferrero 2010), inclusive entre populações (McMurtry *et al.* 1976, Schausberger 1998, Walzer *et al.* 2007). Níveis extremos de umidade relativa tem efeito prejudicial à viabilidade e desenvolvimento das formas imaturas dos fitoseídeos (Sabelis 1985a, Dinh *et al.* 1988, Bakker *et al.* 1993, Croft *et al.* 1993), e em diversos outros parâmetros biológicos, como: sobrevivência e capacidade de incrementar a população (Morri & Chant 1966a, Sabelis 1985b) e predação (Morri & Chant 1966ab), interferindo na eficácia do controle de pragas (Bakker *et al.* 1993).

Amblyseius largoensis Muma (Acari: Phytoseiidae) é o predador mais frequente em associação com *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), sobretudo em coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (González-Reus & Ramos 2010, Carrillo *et al.* 2012, Gondim Jr. *et al.* 2012, Moraes *et al.* 2012). Esta Arecaceae é cultivada, normalmente, em áreas litorâneas onde a umidade relativa do ar é elevada (Henderson *et al.* 1995, WCSP 2014). No Brasil, a maior parte do cultivo de coqueiro (84%) está localizado em áreas litorâneas da Região Nordeste (Lorenzi *et al.* 2004, 2010), contudo o cultivo de variedades mais produtivas (anões), destinadas ao consumo do fruto *in natura*, tem se deslocado para perímetros irrigados na região semiárida, cujo clima é classificado como do tipo BSh (clima árido e quente), segundo a classificação de Köppen-Geiger (Peel *et al.* 2007). É justamente no semiárido do Nordeste que se supõe que *R. indica* poderá causar maiores prejuízos ao coqueiro, devido à elevada temperatura média anual, baixa umidade

relativa do ar e baixa precipitação, caso seja introduzida nesta região (Amaro & Morais 2013). A umidade relativa do ar média anual no semiárido nordestino é de aproximadamente 58-60% (Canty *et al.* 2016).

Vários estudos, sob condições de laboratório, demonstraram que *A. largoensis* tem potencial no controle de *R. indica* (Carrillo *et al.* 2010, 2014, Domingos *et al.* 2012), e pode ser um importante agente de controle biológico de outros ácaros-praga na cultura do coqueiro, como *Aceria guerreronis* Keifer (Galvão *et al.* 2007, Melo *et al.* 2015). A distribuição de *A. largoensis* indica tratar-se de uma espécie pantropical, comum em regiões úmidas, sujeitas a longos períodos chuvosos (Demite *et al.* 2016). Resultados de um estudo conduzido por Gondim *et al.* (2012) sugerem um efeito aparentemente positivo de *A. largoensis* como agente de controle de *R. indica*, exceto durante a estação seca, quando a população daquele predador diminuiu, enquanto a população de *R. indica* aumenta. Portanto, se questiona que o uso de *A. largoensis* seja viável como agente de controle biológico de *R. indica* em regiões secas, como o semiárido do Nordeste do Brasil. O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da umidade relativa do ar no desenvolvimento e sobrevivência daquele predador, além de analisar a possível relação da umidade relativa do ar com a distribuição mundial de *A. largoensis*.

Material e Métodos

Obtenção e Manutenção dos Ácaros. A população de *A. largoensis* foi obtida a partir de 100 fêmeas coletada em coqueiros da variedade anão-verde, em março de 2014 no banco de germoplasma da Universidade Federal Rural de Pernambuco (8°01'02''S e 34°56'41''O), localizada em Recife, Pernambuco. A colônia foi mantida em câmara climatizada do tipo BOD a $27 \pm 0,5$ °C, 75 ± 10 % U.R. e 12 h de fotofase. A unidade de criação foi constituída por um disco de polietileno de cor preta de 13 cm de diâmetro, colocado sobre um disco de papel filtro por sua

vez posto sobre um disco de espuma de polietileno (1 cm de espessura), ambos com 15 cm de diâmetro. Os discos foram colocados no interior de uma bandeja plástica (16 cm de diâmetro), contornando-se o disco de polietileno com algodão hidrófilo, sendo a espuma de polietileno, o papel filtro e o algodão mantidos úmidos pela adição de água destilada à bandeja plástica duas vezes por semana para evitar a fuga dos ácaros. O predador foi alimentado duas vezes por semana com uma mistura de pólen de mamona (*Ricinus communis* L.) oferecido sobre uma lamínula de 18 x 18 mm, e todos os estágios do ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch) oferecidos sobre pedaços de folha de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.) infestados.

Obtenção das Umidades Relativas do Ar. Os diferentes níveis de umidade relativa do ar utilizados no experimento (20; 36; 56; 65; 66; 72; 80; 83; 89; 91; 95 e 98 %) foram obtidos a través da adequação do método de Langmuir (1917). Esse método baseia-se no estado de equilíbrio que se alcança num sistema fechado, onde a taxa de evaporação de uma substância (água) se iguala à taxa de adsorção (sílica), numa dada superfície a temperatura constante (27 °C). Dentro de um dessecador (capacidade 9 L) foram colocadas (na base inferior) as quantidades de água destilada (10 ou 250 mL) e/ou sílica gel (25; 5 ou 0,5 g) em recipientes separados. As dimensões desses recipientes foram mudadas para a obtenção dos diferentes níveis de umidade relativa do ar (Tabela 1). Um Hobo DataLogger[®] para o registro a cada 5 min da umidade, temperatura e luminosidade foi colocado dentro do dessecador junto às unidades experimentais (50 / dessecador). Cada dessecador foi mantido dentro de uma câmara climática tipo BOD a $27 \pm 0,5$ °C, 75 ± 10 % U.R. e 12 h de fotofase, e foi aberto cada 12 ou 24 h, por ocasião das avaliações.

Biologia de *Amblyseius largoensis*. As unidades experimentais foram compostas por células e adesivos obtidos da Bio-Serv Incorporation[®] (Bioassay Tray 128 cells). Para cada unidade, uma fêmea de *A. largoensis* foi transferida a partir da população de manutenção. Após 12 h de

confinamento, a fêmea e seus ovos foram retirados, deixando-se, no entanto, um ovo por unidade. As unidades foram examinadas a cada 12 h, observando-se a duração e sobrevivência de cada estágio imaturo. Após a emergência dos adultos formaram-se os casais que foram avaliados a cada 24 h, registrando-se a sobrevivência e a oviposição das fêmeas. A razão sexual foi determinada pelos descendentes obtidos nos primeiros 10 dias de oviposição (Schulten 1985). Em caso de morte, o macho foi substituído por outro da criação estoque até a morte da fêmea. Como alimento foi utilizado pólen de *R. communis* (Galvão *et al.* 2007) e ovos de *T. urticae* (Scriven & McMurtry 1971). Para avaliar a sobrevivência e oviposição diária a 66% de umidade relativa do ar, utilizaram-se fêmeas que foram submetidas a esse nível de umidade a partir do estágio de protoninfa.

Distribuição Geográfica: Foram revisados 96 artigos das 111 publicações referenciadas por Demite *et al.* (2016), citando a ocorrência de *A. largoensis* no mundo. Para cada local de ocorrência do predador foram registradas as coordenadas (latitude e longitude), a normal da umidade relativa do ar e a classificação climática de Köppen-Geiger (Kottek *et al.* 2006, Peel *et al.* 2007) obtidas através dos endereços <http://www.weatherbase.com/> (Canty *et al.* 2016) e <http://es.climate-data.org/>. Além de isso, também foram registradas as plantas hospedeiras associadas.

Análises Estatísticas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído por diferentes tratamentos (umidades), sendo avaliados, no mínimo 50 indivíduos (repetições) por umidade. Os dados de tempo de desenvolvimento, viabilidade das formas imaturas, longevidade, oviposição e razão sexual foram submetidos à análise de variância (Proc Generalized Linear Models, GLM), usando o pacote estatístico SAS versão 9.0 (SAS Institute 2008), após serem avaliados para a normalidade e homocedasticidade (testes de Kolmogorov e Bartlett, respectivamente). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de

probabilidade. Os dados que não assumiram normalidade foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Proc NPAR1WAY), do SAS versão 9.0 (SAS Institute 2003, 2008). Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *A. largoensis* [taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), taxa líquida de reprodução (R_0) e tempo médio da geração (T)] foram estimados através do programa computacional SAS/Enterprise Guide 4.3 (SAS Institute 2008), adaptando o modelo descrito por Maia *et al.* (2000), o qual utiliza o método de “Jackknife” para estimar intervalos de confiança das médias dos tratamentos e permite comparações entre pares de tratamentos, empregando-se o teste “T”.

Resultados

Biologia de *Amblyseius largoensis*. Nenhuma larva eclodiu até a umidade relativa do ar de 65% ($F=46,67$; G.L.=5; 344; $P=0,0001$). Já na umidade 72%, aproximadamente 50,7% das larvas eclodiram, mas nenhuma atingiu a fase de protoninfa ($F=11,84$; G.L.=3; 254; $P=0,0001$). O desenvolvimento completo (ovo-adulto) só foi possível a partir 80% da umidade relativa do ar. Nesta condição, 90% dos indivíduos atingiram a fase adulta em um período de 4,6 dias. A 89% de umidade relativa, a viabilidade foi de 100 % e o tempo de desenvolvimento foi menor (4,3 dias) ($F= 8,92$; G.L.=2; 229; $P=0,0001$). No maior nível de umidade estudado (95%), *A. largoensis* também apresentou 100% de viabilidade, e aproximadamente a mesma duração da fase imatura (4,5 dias) (Tabela 2).

Diferenças significativas na longevidade das fêmeas foram observadas, sendo maior ($F=10,71$; G.L.=3; 121; $P <0,0001$) a 83 e 91% (≈ 29 e 31 dias, respectivamente; não diferindo estatisticamente entre si) que a 66 e 97% (≈ 20 e 22 dias, respectivamente; não diferindo entre si). O período de oviposição também foi maior ($F= 29,95$; G.L.=3; 121; $P <0,0001$) a 83 e 91% (≈ 24 e 20 dias, respectivamente; não diferindo entre si) que a 66 e 98% (≈ 8 e 14 dias, respectivamente;

não diferindo entre si). A fecundidade total foi maior a 91% de umidade relativa do ar (≈ 46 ovos/fêmea) e menor a 66% (≈ 6 ovos/fêmea), contudo não houve diferença ($F= 66,9$; G.L.3; 121; $P < 0,0001$) entre as fecundidades a 83 e 98% (≈ 28 e 34 ovos/fêmea, respectivamente). A razão sexual não foi afetada pela umidade relativa do ar, nas condições estudadas ($\chi^2=1$; G.L.3; 81; $P < 0,7915$), variando de 0,57 a 0,62 (Tabela 3).

Os resultados da estimativa da taxa líquida de reprodução (R_0) mostraram que *A. largoensis* teve a capacidade de incrementar a população em 26 vezes a cada geração a 91% de umidade relativa do ar, sendo maior que a 98 e 83% (≈ 20 e 15 vezes, respectivamente), e a 66% não houve aumento da população ($P < 0,05$). A estimativa da taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) foi maior a 98 e 91% de umidade relativa do ar (0,272 e 0,265, respectivamente; não diferindo entre si) que a 83% (0,194); e a 66% r_m foi negativa ($P < 0,05$). O tempo médio da geração foi significativamente maior ($P < 0,05$) a 66% (21 dias), que nas condições de 83 a 98% de umidade relativa do ar (respectivamente 11, 12 e 14 dias; não diferindo entre si) (Tabela 4).

Distribuição Geográfica de *Amblyseius largoensis*. *Amblyseius largoensis* foi relatado em mais de 365 localidades em 59 países (Fig. 1), e em 12 subtipos diferentes de clima (Fig. 2). A maioria dos relatos (80%) foi feita em apenas quatro subtipos climáticos: savana com inverno seco (AW) (38%), monção (Am) (18%), floresta muito úmida (Af) (15%) e temperado muito úmido (Cfa) (9%). *Amblyseius largoensis* ainda não foi relatado em clima continental. Tem sido relatado em associação a 258 espécies vegetais de 74 famílias, também tendo sido relatado em solo e folhedo. *Amblyseius largoensis* é associado na maioria das vezes às famílias Arecaceae (27%), Malvaceae (14%) e Fabaceae (10%). O maior número de relatos (71 locais) tem sido em coqueiros.

Discussão

Os resultados evidenciaram que o potencial de *A. largoensis*, como agente de controle biológico de *R. indica*, pode ser limitado por sua baixa tolerância a níveis de umidade relativa do ar, que comumente ocorrem em regiões onde este tenuipalpídeo tem sido encontrado causando danos. A resposta de *A. largoensis* à umidade relativa do ar é semelhante ao reportado para outras espécies de fitoseídeos que habitam regiões de clima úmido, como para *Amblyseius andersonis* (Chant) e *Neoseiulus fallacis* (Garman) (Croft *et al.* 1993), *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Ferrero *et al.* 2010) e algumas populações de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Walzer *et al.* 2007). Contudo, é diferente da resposta de espécies frequentemente encontradas em habitats mais secos como *Galendromus (Galendromus) occidentalis* (Nesbit) e algumas espécies do gênero *Euseius* Wainstein (Bounfour & McMurtry 1987, Schausberger 1998). Isto indica, independentemente das diversas características intrínsecas positivas de *A. largoensis* como agente de controle biológico de *R. indica*, que sua resposta às condições de umidade relativa do ar (e possivelmente também outros fatores abióticos) podem reduzir seu potencial de uso no controle àquela praga, como discutido por Gerson (2014) e Ghazy *et al.* (2016) em relação a outros agentes de controle.

As coordenadas de coleta da população de *A. largoensis* utilizada neste estudo está localizada na Mata Atlântica, incluída na região “Am”, dentre a Classificação climática de Köppen-Geiger (Peel *et al.* 2007), onde a pluviosidade é alta durante a maior parte do ano, com normal anual de 1804 mm (Canty 2016). O local de origem da população estudada pode ter influenciado na biologia e reprodução de *A. largoensis* nas condições experimentais inferiores a 80% de umidade relativa do ar. Diferenças entre populações dentro de uma mesma espécie em relação à tolerância a diferentes níveis de umidade foram discutidas por outros autores (Croft *et al.* 1993, Schausberger 1998, Walzer *et al.* 2007).

A grande influência exercida pela umidade na fase larval sugere que este estágio é o mais vulnerável à dessecação. Segundo Croft *et al.* (1993) as larvas de fitoseídos são mais suscetíveis a dessecação por serem pequenas e por apresentarem menores habilidades para ingerir água livre e procurar locais mais favoráveis em comparação com os estágios subsequentes. No presente trabalho, o alimento fornecido (grãos de pólen de *R. communis* e ovos de *T. urticae*) aparentemente só possuem níveis significativos de umidade internamente, sendo necessário sua extração. Para escapar ou tolerar condições ambientais adversas os ácaros utilizam estratégias de plasticidade fenotípica, comportamental e fisiológica (diapausa, aclimatação e dispersão) (McMurtry *et al.* 1976, García-Mari *et al.* 1985, Walzer & Schausberger 1999, Schausberger & Croft 2000, Ghazy *et al.* 2016). A habilidade de alguns fitoseídos de absorver vapor de água de atmosferas não saturadas tem sido relatada na literatura (Gaede 1992). Estas estratégias poderiam explicar em parte a presença de *A. largoensis* em 13 locais de clima árido, subtipo BSh (estepe quente ou semiárido quente) (Fig. 2) (Prasad 1968, Gupta *et al.* 1971, Gupta 1977, Gupta 1978, Aponte & McMurtry 1995, Quirós *et al.* 2005, Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Carrillo *et al.* 2011). *Amblyseius largoensis* também foi relatado em 11 locais do subtipo BWh (clima desértico quente) como Omã, na Península Arábica (Hountondji *et al.* 2010, Al-Shanfari *et al.* 2013). Contudo, estes locais estão à margem na costa litorânea, com influência do mar, e/ou são áreas irrigadas onde as plantas sobrevivem a estiagem, e com elas a microfauna.

Ao nível de micro-habitat, a umidade pode ser influenciada pela estrutura da superfície foliar, a evapotranspiração da folha, a densidade da vegetação e a evaporação do solo (Allen *et al.* 1998), já que na relação solo-água-plantas interagem fatores complexos do solo, da condição ambiental da atmosfera e das características biológicas da planta, especialmente do sistema radicular (Penman 1948). Além disso, tem sido demonstrado que os níveis de umidade são consideravelmente mais altos nas proximidades da superfície foliar do que no ambiente (Gaede

1992). Todos estes fatores podem beneficiar a microfauna, especialmente aos inimigos naturais (Ghazy *et al.* 2016), permitindo eventualmente a sobrevivência e reprodução em climas áridos. Embora, em ambientes naturais secos e sem irrigação (clima semiárido quente, BSh), como são as áreas de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), localizadas no bioma da Caatinga (nordeste do Brasil), com umidade relativa do ar média anual respectivamente de 58 e 60%, *A. largoensis* tem pouca possibilidade de se estabelecer.

A habilidade do predador *A. largoensis* para ocupar uma ampla gama de hospedeiros e diversidade de climas sugere que este predador possa ser um agente importante para manter o equilíbrio de presas em áreas naturais ou cultivadas (Carrillo *et al.* 2014). Embora os resultados do presente estudo sejam ilustrativos da tolerância deste predador a diferentes níveis de umidade, é recomendável a realização de estudos semelhantes com populações de outras procedências, especialmente de regiões do semiárido em que esta espécie tenha sido reportada, especialmente em cultivos de coqueiro.

As informações obtidas neste estudo também podem ser úteis no estabelecimento da metodologia para eventual produção massal de *A. largoensis*. No entanto, os resultados obtidos sugerem que para o controle de *R. indica* em áreas semiáridas ou desérticas a população estudada talvez não seja adequada.

Agradecimentos

Ao Prof. Carlos Flechtmann e ao Dr. Dave Moore pelo empréstimo de literatura. A CAPES (PEC-PG) pela concessão da bolsa.

Literatura Citada

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes & M. Smith. 1998.** Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Roma, United Nations/FAO, 300p. (Irrigation and drainage Paper 56).
- Al-Shanfari, A., F.C.C. Hountondji, H. Al-Zawamri, H. Rawas, Y. Al-Mashiki, G.J. de Moraes, D. Moore & S.R. Gowen. 2013.** Occurrence and seasonal prevalence of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Eriophyidae), and associated arthropods in Oman. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 139-151.
- Amaro, G. & E.G.F. Morais. 2013.** Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 343-355.
- Aponte, O. & J.A. McMurtry. 1995.** Revision of the genus *Iphiseiodes* De Leon (Acari: Phytoseiidae). *Int. J. Acarol.* 21: 165-183.
- Bakker, F.M., M.E. Klein, N.C. Mesa & A.R. Braun. 1993.** Saturation deficit tolerance spectra of phytophagous mites and their phytoseiid predators on cassava. *Exp. Appl. Acarol.* 17: 97-113.
- Bounfour, M. & A.J. McMurtry. 1987.** Biology and ecology of *Euseius scutalis* (Athias-Henriot) (Acarina: Phytoseiidae). *Hilgardia* 55: 1-23.
- Canty, J., B. Frischling & D. Frischling. 2016.** Weatherbase. Great Falls, Virginia, Canty and Associates LLC. Disponible en internet: <http://www.weatherbase.com/> Acceso: 15-12-2014 até 24-05-2016.
- Carrillo, D., M.A. Hoy & J.E. Peña. 2014.** Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by Predator Exclusion and Predator Release Techniques. *Fla. Entomol.* 97: 256-261.
- Carrillo, D., D. Navia, F. Ferragut & J.E. Peña. 2011.** First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. *Fla. Entomol.* 94: 370-371.
- Carrillo, D., J.E. Peña, M.A. Hoy & J.H. Frank. 2010.** Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. *Exp. Appl. Acarol.* 52: 119-129.
- Carrillo, D., D. Amalin, F. Hosein, A. Roda, R.E. Duncan & J.E. Peña. 2012.** Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Exp. Appl. Acarol.* 57: 271-289.
- Croft, B.A., R.H. Messing, J.E. Dunley & W.B. Strong. 1993.** Effects of humidity on eggs and immatures of *Neoseiutus falacis*, *Amblyseius andersoni*, *Metaseiulus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Phytoseiidae): implications for biological control on apple, caneberry, strawberry and hop. *Exp. Appl. Acarol.* 17: 451-459.

- De Courcy-Williams, M.E., L. Kravar-Garde, J.S. Fenlon & K.D. Sunderland. 2004.** Phytoseiid mites in protected crops: the effect of humidity and food availability on egg hatch and adult life span of *Iphiseius degenerans*, *Neoseiulus cucumeris*, *N. californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 32: 1-13.
- De Vis, R.M.J., G.J. Moraes & M.R. Bellini. 2006.** Effect of air humidity on the egg viability of predatory mites (Acari: Phytoseiidae, Stigmaeidae) common on rubber trees in Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 38:25-32.
- Demite, P.R., G.J. Moraes, J.A. McMurtry, H.A. Denmark & R.C. Castilho. 2016.** Phytoseiidae Database. Available from: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso 29/03/2016.
- Dinh, N. van, M.W. Sabelis & A. Janssen. 1988.** Influence of humidity and water availability on the survival of *Amblyseius idaeus* and *A. anonymus* (Acarina: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 4: 27-40.
- Domingos, C.A., L.O. Oliveira, E.G.F. Morais, D. Navia, G.J. Moraes & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.* 60: 83-93.
- Ferrero, M., C. Gigot, M.S. Tixier, Y.M. van Houten & S. Kreiter. 2010.** Egg hatching response to a range of air humidities for six species of predatory mites. *Entomol. Exp. Appl.* 135: 237-244.
- Gaede, K. 1992.** On the water balance of *Phytoseiulus persimilis* A.-H. and its ecological significance. *Exp. Appl. Acarol.* 15: 181-198.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.V. Oliveira. 2007.** Biologia de *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae), um Potencial Predador de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em Coqueiro. *Neotrop. Entomol.* 36: 465-470.
- García-Mari F., R. Laborda, J. Costa-Comelles, F. Ferragut & C. Marzal. 1985.** Acaros fitófagos y depredadores en nuestros cítricos. *Cuad. Fitopatol.* 2: 54-63.
- Gerson, U. 2014.** Pest control by mites (Acari): present and future. *Acarologia* 54: 371-394.
- Ghazy, N.A., M. Osakabe, M.W. Negm, P. Schausberger, T. Gotoh & H. Amano. 2016.** Phytoseiid mites under environmental stress. *Biol. Control* 96: 120-134.
- Gondim Jr., M.G.C., T.M.M.G. Castro, A.L. Marsaro, D. Navia, J.W.S. Melo, P.R. Demite & G.J. Moraes. 2012.** Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation? *Syst. Biodivers.* 10: 527-535.
- González-Reus, M. & M. Ramos. 2010.** Plantas hospedantes de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en el municipio Santiago de Cuba. *Rev. Protección Veg.* 25: 5-6.

- Gupta, S.K. 1978.** Some new species and records of *Amblyseius* from eastern India (Acari: Phytoseiidae). Indian J. Acarol. 2: 60-77.
- Gupta, S.K. 1977.** Some undescribed and little-known species of *Amblyseius* (Acarina: Phytoseiidae) from western and northern India. Indian J. Acarol. 1: 28-37.
- Gupta, S.K., A.S. Sidhu, M.S. Dhooria & G. Singh. 1971.** Preliminary note on the phytophagous and predatory mite fauna of the Punjab and Himachal Pradesh. Sci. Cult. 37: 296-299.
- Henderson, A., G. Galeano & R. Bernal. 1995.** Field guide to the palms of the Americas. Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 352p.
- Hountondji, F.C.C., G.J. de Moraes & H. Al-Zawamri. 2010.** Mites (Acari) on coconut, date palm and associated plants in Oman. Syst. Appl. Acarol. 15: 228-234.
- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf & F. Rubel. 2006.** World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol. Z. 15: 259-263.
- Krasnov, B.R., I.S. Khokhlova, L.J. Fielden & N.V. Burdelova. 2001.** Development rates of two *Xenopsylla* flea species in relation to air temperature and humidity. Med. Vet. Entomol. 15: 249-258.
- Kreppel, K.S., S. Telfer, M. Rajerison, A. Morse & M. Baylis. 2016.** Effect of temperature and relative humidity on the development times and survival of *Synopsyllus fonquerniei* and *Xenopsylla cheopis*, the flea vectors of plague in Madagascar. Parasit. Vectors. doi: 10.1186/s13071-016-1366-z.
- Langmuir, I. 1917.** The constitution and fundamental properties of solids and liquids. II. Liquids. J. Am. Chem. Soc. 39: 1848-1906.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. de 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. Entomol. Res. 98: 83-96.
- Lorenzi, H., L.R. Noblick, F. Kahn, & E. Ferreira. 2010.** Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras). Nova Odessa, São Paulo, Instituto Plantarum, 384p.
- Lorenzi, H., H.M. Souza, J.T. Medeiros-Costa, L.S.C. Cerqueira & N.V. Behr. 2004.** Palmeiras no Brasil: Nativas e exóticas. Nova Odessa, São Paulo, Instituto Plantarum, 303p.
- Maia, A.H.N., A.J.B. Luiz & C. Campanhola. 2000.** Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational aspects. J. Econ. Entomol. 93: 511-518.
- McMurtry, J.A., D.L. Mahr & H.G. Johnson. 1976.** Geographic races in the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). Int. J. Acarol. 2: 23-28.

- Melo, J.W.S., D.B. Lima, H. Staudacher, F.R. Silva, M.G.C. Gondim Jr. & M.W. Sabelis. 2015.** Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 67: 411-421.
- Moraes, G.J., T.M.M.G. Castro, S. Kreiter, S. Quilici, M.G.C. Gondim Jr. & L.A.N. Sá. 2012.** Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Reunion Island (Indian Ocean). *Acarologia* 52: 129-134.
- Mori, H. & D.A. Chant. 1966a.** The influence of prey density, relative humidity, and starvation on the predacious behavior of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). *Can. J. Zool.* 44: 483-491.
- Mori, H. & D.A. Chant. 1966b.** The influence of humidity on the activity of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and its prey, *Tetranychus urticae* (Koch) (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Can. J. Zool.* 44: 863-871.
- Peel, M.C., B.L. Finlayson & T.A. McMahon. 2007.** Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11: 633-1644.
- Penman, H.L. 1948.** Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass. *Proc. R. Soc. Lond.* 193: 120-145.
- Prasad, V. 1968.** *Amblyseius* mites from Hawaii. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 61: 1514-1521.
- Quirós G., M., A.C. Lofego, G. Moraes, N. Poleo & Y. Petit. 2005.** Fitoseidos (Acari: Phytoseiidae) del guayabo (*Psidium guajava*), en el estado Zulia, Venezuela. Maracaibo, Universidad del Zulia, p. 128-144 (Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 39).
- Sabelis, M.W. 1985a.** Development, p. 43-53. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds.), *Spider mites: Their biology, natural enemies and control*. *World Crop Pests 1B*. Amsterdam, Elsevier, 458p.
- Sabelis, M.W. 1985b.** Capacity for population increase, p. 35-40. In W. Helle & M.W. Sabelis (eds.), *Spider mites: Their biology, natural enemies and control*. *World Crop Pests 1B*. Amsterdam, Elsevier, 458p.
- SAS Institute Inc. 2008.** SAS/STAT user's guide, version 9.0, TS level 2MO. SAS Institute, Cary, NC.
- Schausberger, P. 1998.** The influence of relative humidity on the egg hatch in *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri*, and *Kampimodromus aberrans* (Acari, Phytoseiidae). *J. Appl. Entomol.* 122: 497-500.
- Schausberger, P. & B.A. Croft. 2000.** Cannibalism and Intraguild Predation Among Phytoseiid Mites: Are Aggressiveness and Prey Preference Related to Diet Specialization? *Exp. Appl. Acarol.* 24: 709-725.
- Schulten, G.G.M. 1985.** Pseudo-arrhenotoky, p. 67-71. In Helle, W. & M.W. Sabelis (eds.), *Spider mites: Their biology, natural enemies and control 1B*. Amsterdam, Elsevier, 458p.

- Scriven, G.T. & J.A. McMurtry. 1971.** Quantitative production and processing of tetranychid mites for large-scale testing or predator production. *J. Econ. Entomol.* 64: 1255-1257.
- Walzer, A. & P. Schausberger. 1999.** Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: predation rates and effects on reproduction and juvenile development. *BioControl* 43: 457-468.
- Walzer, A., M. Castagnoli, S. Simoni, M. Liguori, E. Palevsky & P. Schausberger. 2007.** Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: survival, development and reproduction. *Biol. Control* 41: 42-52.
- WCSP (World Checklist of Selected Plant Families). 2014.** 'World Checklist of Selected Plant Families. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em internet: <http://apps.kew.org/wcsp/>. Acesso: 26-03-2016.

Tabela 1. Quantidades requeridas de sílica gel, água e dimensões dos recipientes os continham no interior de um dessecador com capacidade de 9 L para obtenção das diferentes umidades relativas do ar (%) utilizadas nos bioensaios a 27 °C e 12 h de fotofase.

| Substância e | Umidade relativa do ar (%) | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----|-----|----------------------------------|------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | 20 | 36 | 56 | 65 ¹ -66 ² | 72 | 80 ¹ -83 ² | 89 ¹ -91 ² | 95 ¹ -98 ² |
| Dimensões do Recipiente | | | | | | | | |
| Sílica (g) ³ | 25 | 0,5 | 0,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 0,0 |
| Diâmetro do recipiente (cm) | 5,5 | 2,0 | - | 3,5 | 3,1 | 3,5 | 3,5 | - |
| Altura do recipiente (cm) | 1,5 | 2,0 | - | 5,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | - |
| Água (mL) ³ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 250,0 |
| Diâmetro do recipiente (cm) | - | - | - | 3,5 | 4,8 | 5,5 | 9,0 | 9,0 |
| Altura do recipiente (cm) | - | - | - | 5,5 | 3,5 | 1,5 | 1,5 | 5,5 |

¹Dessecador aberto por ocasião da avaliação cada 12 h, ou ²dessecador aberto por ocasião da avaliação cada 24 h, e fechado herméticamente em seguida.

³Renovadas a cada 24 h.

Tabela 2. Tempo de desenvolvimento (dias) e viabilidade (%) (média ± EP) de *Amblyseius largoensis* em diferentes umidades relativas do ar (%), a 27 °C e 12 h de fotofase.

| Umidade Relativa (%) | N ¹ | Parâmetro | Ovo | Larva | Protoninfa | Deutoninfa | Ovo-Adulto |
|----------------------|----------------|-----------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 65 | 79 | Desenvolvimento | - | - | - | - | - |
| | | Viabilidade | - | - | - | - | - |
| 72 | 72 | Desenvolvimento | 1,7 ± 0,02b ² | - | - | - | - |
| | | Viabilidade | 56,7 ± 1,85C ² | - | - | - | - |
| 80 | 71 | Desenvolvimento | 1,8 ± 0,01a | 1,1 ± 0,02a | 0,9 ± 0,02b | 0,8 ± 0,03c | 4,6 ± 0,03a |
| | | Viabilidade | 90,0 ± 0,84B | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A | 90,0 ± 0,84B |
| 89 | 91 | Desenvolvimento | 1,4 ± 0,01c | 0,9 ± 0,01b | 0,9 ± 0,01b | 1,1 ± 0,01a | 4,3 ± 0,02b |
| | | Viabilidade | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A |
| 95 | 70 | Desenvolvimento | 1,6 ± 0,02b | 0,7 ± 0,01c | 1,2 ± 0,01a | 1,0 ± 0,01b | 4,5 ± 0,01ab |
| | | Viabilidade | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A | 100 ± 0,00A |

¹Número inicial de repetições; ²Médias ± EP seguidas pela mesma letra minúscula (desenvolvimento) e maiúscula (viabilidade) na coluna, não diferem significativamente entre si pela comparação de tratamentos (P > 0.05) através do Teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 3. Longevidade e período de oviposição (em dias), número total de ovos/fêmea e razão sexual (Média ± EP) de *Amblyseius largoensis* em diferentes umidades relativas do ar (%) (T= 27 °C e 12 h de fotofase).

| Parâmetros reprodutivos | Umidade relativa do ar (%) | | | |
|-------------------------|--|--------------|--------------|--------------|
| | 66 ¹ (n=14) ² | 83 (n=28) | 91 (n=47) | 98 (n=36) |
| Longevidade | 20,4±1,85b ³ | 28,9±1,83a | 31,3±1,61a | 22,4±1,02b |
| Período de oviposição | 7,7±1,81c ³ | 23,8±1,57a | 20,1±0,70a | 14,3±0,62b |
| Número total de ovos | 5,6±1,5c ³ | 27,7±1,62b | 45,6±1,61a | 33,6±1,55b |
| Razão sexual | 0,62±0,07a ⁴ | 0,61±0,02a | 0,57±0,02a | 0,60±0,02a |

¹Fêmeas adultas obtidas a partir de protoninfas; ²número de repetições, ³Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si pela comparação de tratamentos (P > 0.05) através do Teste de Tukey; ⁴(P > 0.05) através do Teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 4. Taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) e tempo médio da geração (T) (Média \pm IC) de *Amblyseius largoensis* em diferentes umidades relativas do ar (%) (T= 27 °C e 12 horas de fotofase).

| Umidade Relativa | N ² | R_0 (♀)(♀) ⁻¹ | r_m (♀)(♀) ⁻¹ (dia) ⁻¹ | T (dias) |
|------------------|----------------|------------------------------|--|------------------|
| 66 ¹ | 14 | 0,8 (0,3-1,3) d ³ | -0,009 (-0,038-0,019) c | 21,0 (19 - 23) a |
| 83 | 28 | 15,2 (13,4-17,1) c | 0,194 (0,184-0,204) b | 14,1 (13 -15) b |
| 91 | 47 | 26,0 (24,1-27,9) a | 0,265(0,258-0,272) a | 12,3 (12-13) b |
| 98 | 36 | 20,2 (18,3-22,1) b | 0,272 (0,261-0,283) a | 11,0 (10 -12) b |

¹Fêmeas adultas obtidas a partir de protoninfas;

²Número de repetições;

³Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pela comparação de tratamentos (P > 0,05) pelo teste de “T”.

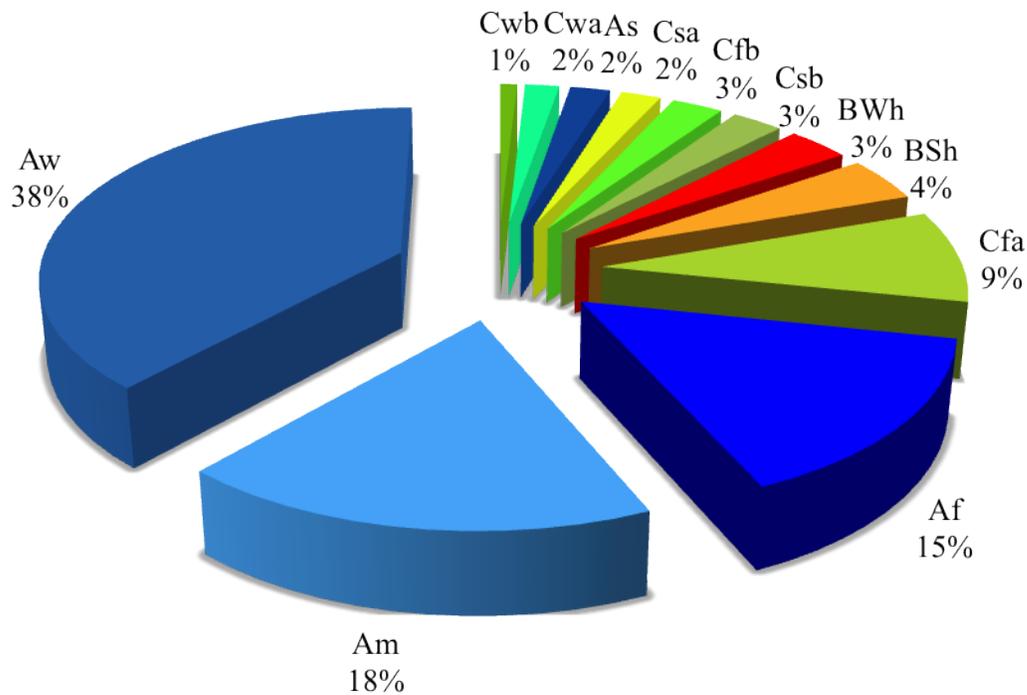


Figura 2. Subtipos de clima na distribuição geográfica de *Amblyseius largoensis*, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (Kottek *et al.* 2006, Peel *et al.* 2007). Cwb: clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado, Cwa: clima temperado úmido com inverno seco e verão quente, Csa: clima temperado mediterrâneo úmido com verão seco e quente, Cfb: clima temperado oceânico úmido com verão temperado, Cfa: clima temperado oceânico úmido com verão quente, Csb: clima temperado mediterrâneo úmido com verão seco e temperado, BWh: clima árido desértico seco e quente em baixa altitude e latitude, BSh: clima árido de Estepa seco e quente em baixa altitude e latitude, As: clima tropical com estação seca de verão, Af: clima tropical úmido ou clima equatorial, Am: clima tropical de monção, Aw: clima tropical com estação seca de inverno).

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho confirmaram que o ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) pode ameaçar seriamente espécies nativas da Amazônia e também plantas exóticas, ao se dispersar pelo território brasileiro, especialmente nas regiões com alta temperatura e baixa umidade relativa do ar. O ácaro predador mais frequentemente associado a *R. indica*, *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) é relatado, normalmente, em ambientes com alta umidade relativa do ar. Por esta razão, acredita-se que este predador não seja ideal para uso no manejo e controle biológico de *R. indica* em ambientes secos. Desta forma, foram formuladas as seguintes hipóteses: (1) algumas espécies de Arecaceae nativas do Brasil são adequadas para ao desenvolvimento e reprodução de *R. indica* de forma semelhante a outras hospedeiras exóticas tradicionais, como o coqueiro e tamareira; e (2) o ácaro predador *A. largoensis* se desenvolve e sobrevive, predominantemente, em ambientes com alta umidade relativa do ar e não apresenta potencial para o controle de *R. indica* em regiões quentes e secas, como o semiárido do Nordeste do Brasil.

A presença de *R. indica* nos biomas brasileiros da Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado, conjuntamente com a mudança climática e a perda de habitat podem acelerar o status de vulnerabilidade (VU), em perigo (EN) ou em perigo crítico (CR) em que se encontram 18 espécies nativas de Arecaceae no Brasil, entre elas, *Euterpe edulis* Mart.³. Portanto, é necessária a avaliação das espécies de plantas nativas desses biomas e a busca de inimigos naturais adaptados às condições de ambientes secos.

³Leitman, P., D.M. Judice, F.S.M. Barros & P.V. Prieto. 2013. Arecaceae, p. 187-195. In G. Martinelli & M.A. Moraes (orgs.); F. Anderson & C. Hiatt (trads.), Livro vermelho da flora do Brasil. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1100 p.