



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

MARIA EDVÂNIA NEVES BARROS

ESTABELECIMENTO DO ÁCARO-VERMELHO-DAS-PALMEIRAS, *Raoiella indica* HIRST, SUGERE MUDANÇAS NA ÁCAROFAUNA DOS FOLÍOLOS DE COQUEIRO

FORTALEZA

2017

MARIA EDVÂNIA NEVES BARROS

ESTABELECIMENTO DO ÁCARO-VERMELHO-DAS-PALMEIRAS, *Raoiella indica* HIRST, SUGERE MUDANÇAS NA ÁCAROFAUNA DOS FOLÍOLOS DE COQUEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito á obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.
Área de concentração: Entomologia Agrícola.

Orientador: Prof^o. *Dr.* José Wagner S. Melo.
Co-orientador: Prof^o. *Dr.* Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B279e Barros, Maria Edvânia Neves Barros.
Estabelecimento do ácaro-vermelho-das-palmeiras, Raoiella indica Hirst, sugere mudanças na ácarofauna dos folíolos de coqueiro / Maria Edvânia Neves Barros Barros. – 2017.
44 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo.
Coorientação: Prof. Dr. Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior.
1. Espécie exótica. 2. Espécie invasora. 3. Ácaro. 4. Biodiversidade. 5. Comunidade. I. Título.
CDD 630
-

MARIA EDVÂNIA NEVES BARROS

ESTABELECIMENTO DO ÁCARO-VERMELHO-DAS-PALMEIRAS, *Raoiella indica* HIRST, SUGERE MUDANÇAS NA ÁCAROFAUNA DOS FOLÍOLOS DE COQUEIRO

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.

Área de concentração: Entomologia Agrícola.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. *D.Sc.* José Wagner da Silva Melo (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. *D.Sc.* Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

D.Sc. Debora Barbosa de Lima

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. *D.Sc.* Patrik Luis Pastori

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Á Deus pelo amanhecer e livramento de todo mal; aos meus pais pelo incentivo, segurança e aconchego, aos meus irmãos e amigos que acreditam e torcem por mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço á Deus acima de tudo, por ele vir me dando forças, esperança e perseverança para buscar caminhos melhores.

Aos meus pais Aurenny e Francisco, minha fonte de luz, sabedoria e fé, por serem minha base com a qual posso contar, mesmo não me entendendo quando chego em casa contando sobre o que faço na Universidade, me apoiam.

Ás minhas irmãs Edclaudia, Edvalda, Edcleide e Evaneide, e aos meus irmãos Edson e Evanio, por me incentivarem nos estudos, por acreditarem e fazerem muito por mim. Em especial a Evaneide, que tantas vezes emprestou seu lar para servir de refúgio, e por ser uma professora exemplar a qual tanto me inspiro. Também agradeço aos meus demais parentes: avós, tios, tias, primos e primas, os quais me ajudam desejando boa sorte nas minhas conquistas.

Agradeço a Universidade Federal do Ceará (UFC), juntamente com a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão da bolsa de estudo junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/ Fitotecnia da UFC.

Obrigada aos meus amigos da pós: Josiane, Janekelly, Edgar, Baião, Ricardo do solos, Ítalo e Leandro, pelos momentos de descontração, alegria, viradas de noites, pelo gasto de dinheiro em xerox mesmo tendo o material e por tanto outros sofrimentos juntos após as provas de experimentação agrícola, fisiologia e desilusões da vida.

Agradeço aos meus grandes amigos, que me acompanham desde a graduação como a Janekelly, Baiano, Luana Soares, Rosana; Valsergio; Janaína; Francisco Marcelo; Israel e Berg, pelas risadas e tristezas que passamos juntos.

Agradeço e tenho orgulho do meu amado e amigo Alfredo Mendonça, que me ajuda, aconselha, ensina e me acalma quando minha pouca paciência se acaba.

Agradeço aos meus amigos Jairo; Vivi; Josi; Neville; Luana; Rosenya e Eduardo, pelos momentos de trabalho, fofoca, perrengues, brigas, pelos lanchinhos que aparecem de repente e a gente come e por sermos bate-estaca uns dos outros. Aos amigos Jackson e Júnior pelo compartilhamento de saberes. Obrigada á Jairo e Vivi por me ajudarem no meu experimento. Em especial ao meu amigo Jairo que não media

esforços em me ajudar, á levar sol, piadinhas dos nossos colegas, corrida de cobras e ser o melhor bate-estaca do Laboratório de Manejo de Ácaros e Insetos (LAMAI).

Tenho um carinho muito especial á todos que compõem e fazem o LAMAI ser melhor e tornar meus dias mais alegres, graças aos ensinamentos passados pelo casal Débora Barbosa e o Prof.º José Wagner.

Obrigada ao Prof.º *Dr. José Wagner S. Melo*, por seu conhecimento elevado e uma simplicidade incrível em compartilhar seus conhecimentos. Por ser amigo, conselheiro e ter o dom de orientar “*desorientados*”. Á doutora Débora Barbosa a qual admiro e agradeço por suas conversas e ensinamentos.

Meu enorme agradecimento ao Prof.º *Dr. Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior*, por sua contribuição na melhoria deste trabalho e por participação na minha banca. Assim como ao Prof.º *Dr. Patrik Luiz Pastori* por sua atenção e disponibilidade em contribuir na conclusão deste trabalho.

Aos funcionários da Universidade Federal do Ceará pela competência e eficiência na prestação de serviços e a todos que, de alguma forma, contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

“Não fique ansioso com aquilo que você ainda não tem. Tudo tem o seu tempo. Jogue as sementes no chão. Cuide e um dia elas irão germinar”.

Padre Fábio de Melo

RESUMO

A introdução e o estabelecimento de uma espécie invasora em um novo habitat representam uma das principais ameaças a biodiversidade e estrutura dos ecossistemas. Um exemplo recente de um ácaro que se tornou uma espécie invasora é o ácaro-vermelho-do-coqueiro, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Após sua introdução nas Américas, esta espécie tem ampliado consideravelmente o número de hospedeiros, sendo listado atualmente mais de 90 espécies botânicas, e relatado como praga-chave de algumas destas. Desde a detecção de *R. indica* na América o foco dos estudos neste continente tem sido em encontrar medidas de controle para esta espécie. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo investigar a possibilidade de alteração na acarofauna dos folíolos de coqueiro (abundância e diversidade) mediada pela introdução e estabelecimento de *R. indica*. Para tanto foi realizado um levantamento, ao longo de 1 ano, em duas áreas de cultivo de coqueiro, uma infestada e outra livre de *R. indica*. Os resultados do presente estudo sugerem que a introdução da espécie invasora, promove modificações na acarofauna existente em folíolos de coqueiro. Diferenças foram detectadas na abundância e diversidade de ácaros tanto em nível de categorias taxonômicas (família e espécie) quanto a nível de grupos tróficos (predadores, herbívoros e ácaros com modo alimentar não definido). Adicionalmente, em plantas infestadas pela espécie invasora foi verificado um padrão semelhante entre a flutuação de ácaros fitoseídeos e ácaros tenuipalpídeos (família a qual pertence a espécie invasora). Nestas plantas, a densidade de ácaros tenuipalpídeos foi ainda a variável que mais contribuiu para explicação da flutuação de ácaros fitoseídeos. Tais evidências sugerem que a espécie invasora, *R. indica*, atue como espécie keystone, estruturando a acarofauna em plantas de coqueiro.

Palavras-chave: Espécie exótica. Espécie invasora. Ácaro. Biodiversidade. Comunidade.

ABSTRACT

The introduction and establishment of an invasive species in a new habitat represents one of the main threat to biodiversity and structure of ecosystem. A recent example of a mite that became an invasive species is the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). After its introduction in the America, that species has considerably expanded the number of hosts, currently are listed more than 90 botanic species, being related as key pest of some these. Since its detection in the America, the focus of studies on this continent has been finding control measures for this species. The present study aimed to investigate the possibility of alteration in the acarine fauna of coconut leaflets (abundance and diversity) mediated by the introduction and establishment of *R. indica*. For this purpose a survey was carried over a period of one year in two areas of coconut cultivation, an area infested and another free of *R. indica*. The results of present study suggest that the introduction of the *R. indica* promote changes in the acarine fauna present in coconut leaflets. Differences were detected in the abundance and biodiversity of mites at the level of taxonomic categories (family and species) and at the level of trophic groups (predators, herbivores and mites with undefined feeding mode). Additionally, in plants infested by plants by invasive species was observed a similar standard of fluctuation of phytoseid mites and tenuipalpid mites (family to which the invasive species belongs). In that plants, the density of tenuipalpid mites was also the variable that most contributed to explain the fluctuation of phytoseiid mites. Such evidences suggest that the invasive species, *R. indica*, acts as a keystone species structuring the acarine fauna in coconut plants.

Keywords: Exotic species. Invasive species. Mite. Biodiversity. Community.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO GERAL..... | 12 |
| 2 ESTABELECIMENTO DO ÁCARO-VERMELHO-DAS-PALMEIRAS, RAOIELLA INDICA HIRST, SUGERE MUDANÇAS NA ÁCAROFAUNA DOS FOLÍOLOS DE COQUEIRO..... | 24 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 26 |
| 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL | 26 |
| 3.2 NÍVEIS DE OCORRÊNCIA E DETERMINAÇÃO DA FAUNA DE ÁCAROS | 27 |
| 3.3 ANÁLISE DOS DADOS..... | 27 |
| 4 RESULTADOS..... | 28 |
| 5 DISCUSSÃO | 30 |
| REFERÊNCIAS | 33 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

A intensificação do comércio internacional, resultante da globalização, cria blocos regionais e reduz ou elimina barreiras tarifárias e não tarifárias (Sugayama et al. 2015). Essa intensificação, apesar de permitir uma maior competitividade entre os países, contribui para a instalação de problemas fitossanitários globais, uma vez que também possibilita o “movimento” de pragas (vírus, bactérias, nematoides, fungos, ácaros, insetos, plantas daninhas etc.) (Silva 2015). Estas pragas quando introduzidas em novas áreas (áreas ainda não colonizadas), podem causar prejuízos com elevada repercussão social (Souza-Costa 2015).

Os riscos advindos da introdução de uma espécie-praga invasora são variáveis. No cenário externo (exportações), existe a possibilidade de imposição do cumprimento de exigências fitossanitárias adicionais, o que, em casos extremos, pode até mesmo provocar o fechamento do mercado em países em que a espécie-praga não ocorre. Países que hospedam a espécie-praga são questionados sobre o risco da introdução da praga em outros países a partir de produtos ou sub-produtos que sejam potencialmente veiculadores da praga (Sugayama et al. 2015). No ambiente interno, os efeitos estão diretamente relacionados com a elevação dos custos de produção, alterações nos programas de manejo de pragas já em execução, danos ambientais e custos sociais (com redução de fontes de alimentos e de matérias-primas). É válido ressaltar ainda, gastos do orçamento público com ações de prevenção e controle da espécie-praga invasora (Souza-Costa 2015).

Em um levantamento com base principalmente em dados coletados junto a International Society for Pest Information, Crop Protection Compendium e European Plant Protection Organization, e considerando apenas ácaros como organismos-pragas, alerta para o risco de introdução de 5 espécies quarentenárias ausentes no Brasil. Estas espécies estariam presentes em pelo menos um país da América do Sul e/ou de Trinidad e Tobago (Sugayama et al. 2015).

Ácaros fitófagos quando introduzidos em novas áreas podem encontrar ausência de inimigos naturais eficientes (adaptados a alimentação sobre a espécie invasora) e condições favoráveis ao seu desenvolvimento, representando risco de potenciais impactos sobre o agroecossistema (Navia et al. 2015). Navia et al. (2007) destacam

características dos ácaros fitófagos como espécies invasoras, sendo elas: danos diretos e indiretos às plantas hospedeiras; rápido desenvolvimento de resistência a acaricidas; capacidade de sobrevivência em condições adversas; alto potencial reprodutivo e reprodução partenogenética (permitindo o desenvolvimento de colônias a partir de poucas fêmeas); disseminação eficiente por meios naturais (especialmente pelo vento); adaptação a novos hospedeiros; e, difícil detecção (devido às suas reduzidas dimensões e a possibilidade de abrigar-se em locais protegidos em seus hospedeiros). Normalmente, as infestações por ácaros fitófagos invasores são percebidas apenas quando surgem injúrias severas nos hospedeiros, o que costuma ocorrer quando as populações já estão elevadas e em processo de disseminação na área invadida, dificultando assim sua erradicação.

Um exemplo notável de espécie de ácaro invasor é o ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Esta espécie tem se disseminado com rapidez, ampliado sua gama de hospedeiros e causado elevados prejuízos nas Américas (Navia et al. 2015). *Raoiella indica* foi descrita em 1924 a partir de ácaros coletados na Índia (Hirst, 1924). A introdução de *R. indica* no Brasil foi considerada iminente desde sua detecção na Venezuela em 2007 (Vásquez et al. 2008), quando foram iniciados levantamentos visando sua detecção. A espécie foi detectada pela primeira vez no Brasil em 2009, no Estado de Roraima (Navia 2010); (Carrillo et al. 2011), e posteriormente em 2011, no Amazonas (Rodrigues & Antony 2011), permanecendo durante algum tempo restrita à região Norte do Brasil. No último ano (2015), relatos recentes têm demonstrado que a espécie-praga tem expandido sua área de ocorrência para outras regiões, já sendo detectado nas regiões Nordeste (Ceará (Mendes et al. 2015), Sergipe, Alagoas (Souza et al. 2016) e Sudeste (São Paulo (Oliveira et al. 2016) do Brasil.

Raoiella indica tem ampliado de forma expressiva sua gama de hospedeiro, além de disseminar-se rapidamente nas Américas (Navia et al. 2015). Previamente a sua introdução nas Américas, em 2004, conhecia-se menos de 10 plantas hospedeiras de *R. indica*. O coqueiro, *Cocos nucifera* L., e a tamareira, *Phoenix dactylifera* L., eram seus principais hospedeiros na África, Ásia e Orientes próximo e médio. Em 2012 mais de 90 espécies botânicas foram listados como hospedeiros. A grande maioria dos hospedeiros de *R. indica*, são representadas por palmeiras da família Arecaceae (75 espécies), no entanto também foram incluídas como hospedeiras plantas das famílias Musaceae (6 espécies), Heliconiaceae (4 espécies), Strelitziaceae (2 espécies),

Zingiberaceae (6 espécies), Pandanaceae (1 espécie) e Canaceae (1 espécie) (Flechtmann & Etienne 2004; Kane et al. 2004; Etienne & Flechtmann 2006; Rodrigues et al. 2007; Welbourn 2009; De la Torre et al. 2010; Marsaro Jr et al. 2010; Carrillo et al. 2011a; Rodrigues & Antony 2011; Gondim Jr. et al. 2012). Nas américas, observações de campo tem apontado o coqueiro como principal hospedeiro de *R. indica*.

As colônias de *R. indica*, em plantas de coqueiro, desenvolvem-se na superfície inferior da folha e podem ser facilmente visualizadas com o auxílio de uma lupa de bolso. Os ovos de *R. indica* são elípticos (ovoides) com superfície lisa, medem entre 90 e 100 μm de comprimento e apresentam coloração vermelho-alaranjado brilhante. Uma das extremidades dos ovos é mais larga, estando esta presa à superfície abaxial das folhas por um pedúnculo (Nageshachandra & Channabasavanna 1984; Kane & Ochoa 2006). Após o período embrionário são observados estágios de desenvolvimento pós-embrionário (larva, protoninfa, deutoninfa e adulto, com formas quiescentes entre cada estágio). As larvas são de coloração vermelho-alaranjada, apresentam 3 pares de pernas e iniciam a alimentação logo após a eclosão. As protoninfas apresentam coloração um pouco mais intensa, 4 pares de pernas e medem entre 180 e 200 μm de comprimento. Nesse estágio as diferenças entre macho e fêmeas já são visíveis; fêmeas apresentam a região posterior do opistossoma alargada enquanto que nos machos essa região é estreita e pontiaguda. Deutoninfas medem entre 240 e 250 μm de comprimento e são ovais. As fêmeas são semicirculares, medem entre 250 e 320 μm de comprimento e 190 a 220 μm de largura. Os machos são achatados e piriformes, medindo entre 220 e 230 μm de comprimento e 140 a 150 μm de largura (Nageshachandra & Channabasavanna 1984; Kane & Ochoa 2006; Peña et al. 2006). Machos e fêmeas são sexualmente maduros quando emergem e a reprodução pode ocorrer tanto de forma sexuada (quando o macho copula com a fêmea), quanto por partenogênese arrenótoca (quando ovos não fertilizados dão origem a machos).

Os parâmetros biológicos de *R. indica* tem sido avaliados em diferentes hospedeiros e sob diferentes condições ambientais (Moutia 1958; Zaher et al. 1969; Nageshachandra & Channabasavanna 1984; Flores-Galano et al. 2010; Gonzáles-Reus & Ramos 2010; Moya 2016), o que justifica a grande variabilidade nos dados dificultando comparações diretas. Nesses estudos o período de desenvolvimento de ovo a adulto variou de 20 a 44 dias, a longevidade variou de 15 a 50 dias e a fecundidade variou de 7 a 50 ovos/fêmea. Ao comparar-se os parâmetros biológicos de *R. indica* em coqueiro e bananeira, nas mesmas condições ambientais (26° C e 75 % UR) não

observa-se diferenças entre o período de desenvolvimento (aprox. 32 dias), porém a longevidade e oviposição foram maiores em plantas de coqueiro que em bananeira (González-Reus & Ramos 2010).

Altas infestações de *R. indica* causam amarelecimento severo das folhas do coqueiro, as quais posteriormente evoluem para necrose (Flechtmann & Etienne 2004; Welbourn 2009; Peña et al. 2006). Plantas jovens de coqueiro podem ter seu desenvolvimento comprometido ou morrer tanto em viveiros, quanto nos campos (Sarkar & Somchoudhury 1988; Sathiamma 1996). Quando as plantas infestações estão sob stress (hídrico ou nutricional) estas são mais seriamente infestadas por *R. indica* (Moutia 1958; Jeppson et al. 1975).

As perdas ocasionadas por *R. indica* tem sido estimadas apenas para algumas localidades. Trinidad e Tobago têm sido as ilhas do Caribe mais afetadas pelo ácaro. Nestas ilhas, a redução na produção do coqueiro tem sido superior a 70% (Navia et al. 2015). Este mesmo percentual tem sido relatado na Venezuela após a introdução de *R. indica*. Os danos ocasionados por *R. indica* em áreas turísticas são de ordem estética, uma vez que plantas ornamentais de coqueiro ou outras palmeiras são emblemáticas, representando símbolos de áreas tropicais (Navia et al. 2015).

Além da redução na produção e do impacto estético, há o impacto econômico de *R. indica* nas Américas, devido aos gastos com medidas emergenciais de prevenção e contenção nas áreas afetadas e/ou ameaçadas (Navia et al. 2015). No México, onde *R. indica* foi detectado recentemente, medidas emergenciais de prevenção ou contenção tem sido aplicadas, como pulverizações, campanhas fitossanitárias e reforço na fiscalização do trânsito de pessoas e material vegetal (Juárez-Duran 2010). No Brasil, ainda não se sabe o real impacto ocasionado por essa praga. Até pouco tempo atrás, a distribuição de *R. indica* era restrita a região Norte do país, ou seja, ainda não havia se estabelecido em áreas produtoras de coco e banana. No entanto, a simples ocorrência deste ácaro em Roraima teve sério impacto para os produtores de banana (em sua maioria pequenos produtores), os quais escoavam grande parte da produção para Manaus. Imediatamente após a notificação de ocorrência de *R. indica* em Roraima, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) proibiu o escoamento da produção de banana desse estado para o Amazonas, visando evitar ou retardar a disseminação da praga através de produtos potencialmente infestados. Tal medida causou grandes perdas, haja visto que o estado não consome toda a produção (Marsaro Jr 2010; Navia et al. 2015).

Nas áreas recentemente invadidas por *R. indica* alguns métodos de controle estão sendo estudados, visando minimizar os impactos potenciais da praga. Dentre estes, merecem destaque a resistência de plantas (Rodrigues & Irish 2011), o controle químico (Rodrigues & Peña 2011; Assis et al. 2013), e especialmente, o controle biológico com ácaros predadores (Peña et al. 2009; Carrillo et al. 2010; Mound et al. 2010; Carrillo & Peña 2011; Carrillo et al. 2011; Domingos et al. 2013).

A resistência de plantas à *R. indica* ainda é um método pouco explorado. Algumas avaliações foram realizadas na Índia para o coqueiro. As variedades comerciais de coqueiro testadas na Índia (HooghlyTall, Houghly Local, Hazari, Andaman Giant, Howrah Tall, Kerala Tall, Andaman Tall e Chennangi) mostraram-se altamente susceptíveis a *R. indica* (Sarkar & Somchoudhury 1989). No entanto, foi observada correlação positiva entre as populações do ácaro e os conteúdos de proteínas e nitrogênio das variedades avaliadas. As informações disponíveis não permitem inferências diretas sobre o potencial dessa estratégia. Navia et al. (2015) sugerem que deviam ser priorizados estudos que avaliassem as variedades comerciais de coqueiro comumente cultivadas no Brasil, em especial aquelas presentes nas áreas de maior risco de estabelecimento do ácaro.

O controle químico de *R. indica* representa uma estratégia útil em viveiros ou como medida regulatória para o trânsito de material vegetal, mas apresenta limitações ou dificuldades para uso em áreas de produção (Navia et al. 2015). Dentre as limitações ou dificuldades têm-se: o porte elevado da cultura (na maioria das áreas produtoras há o predomínio das variedades gigantes, cuja altura dificulta ou inviabiliza a pulverização); o elevado custo da prática (os produtores de coco são, em sua maioria, pequenos produtores com campo com baixa produtividade não dispendo de recursos para custear aplicações frequentes de acaricidas); inexistência atualmente de acaricidas registrados junto ao MAPA (não só para a cultura do coqueiro mas para todas as demais culturas afetadas); risco de impacto ambiental e sobre a saúde humana (estes riscos advêm na necessidade de aplicações de acaricidas em áreas extensas, em plantas de porte elevado e por produtores inexperientes na manipulação de produtos químicos).

No Brasil, o acaricida espiromesifeno foi liberado para uso em caráter emergencial para o controle de *R. indica* em areáceas e musáceas no período de setembro de 2009 a setembro de 2010, não havendo prorrogação após o vencimento. Em todo caso, as avaliações toxicológicas de acaricidas em laboratório mostraram que esse não seria o produto mais indicado para o controle do ácaro no país (Assis et al.

2013). Dentre os produtos testados (abamectina, clorfenapir, fenpiroximato, fenbutatina, propargite, spirodiclofeno, milbemectina, diafentiurum, hexitiazoxi e espiromesifeno), o espiromesifeno apresentou uma das mais baixas eficiências no controle de *R. indica*.

O controle biológico parece ser o método mais promissor para o controle de *R. indica* a médio e longo prazo e este tem sido o foco de estudos nas Américas. Em uma revisão publicada por Carrillo et al. (2011c) são listadas um total de 28 espécies de artrópodes, incluindo insetos e ácaros, associados com *R. indica*, e com potencial de serem utilizados como agentes de controle biológico.

Dentre os artrópodes relacionados, o ácaro predador *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) tem sido o inimigo natural mais frequentemente associado com *R. indica* no Mundo (Gallego et al. 2003; Etienne & Flechtmann 2006; Hoy et al. 2006; Peña et al. 2009; Zannou et al. 2010; Taylor et al. 2011; Gondim et al. 2012; Moraes et al. 2012). Populações de *A. largoensis* coletados em diferentes partes do mundo e com diferentes históricos alimentares (experientes ou não na alimentação sobre *R. indica*) vêm sendo avaliados. Carrillo et al. (2011b) avaliaram populações de *A. largoensis* com e sem contato prévio com *R. indica* e observaram diferenças na predação larval, processo de aprendizagem e melhor manipulação de presas pelo predador. No estudo conduzido por Domingos et al. (2013), populações com diferentes períodos de associação com *R. indica* também foram avaliados e foi observado que, apesar de não haver diferença no tempo de desenvolvimento e viabilidade até o estágio adulto, a população com maior tempo de associação com *R. indica* (superior a 10 anos) apresentou o dobro da taxa de predação em relação àquela associada a pouco tempo com *R. indica*. Estudos de dinâmica populacional têm demonstrado que a flutuação populacional de *A. largoensis* segue um padrão semelhante àquela observada para *R. indica*, indicando uma associação entre estes organismos (Gondim et al. 2012).

Desde a detecção de *R. indica* na América o foco dos estudos neste continente tem sido em encontrar medidas de contenção para esta espécie (Navia et al. 2015) Inexistem estudos que avaliem o possível impacto da introdução desta espécie sobre a biodiversidade de ácaros. Em áreas recentemente invadidas por *R. indica* as populações de *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) tem aumentado (Peña et al. (2009). Este é um indício de que alterações na biodiversidade de ácaros mediadas pelo estabelecimento da espécie invasora é possível.

A introdução e o estabelecimento de uma espécie invasora em um novo habitat representa uma das principais ameaças a biodiversidade e estrutura dos ecossistemas

(Williamson 1996; Wittenberg & Cock 2001; Pimentel 2002). Espécies invasoras de artrópodes podem impactar a biodiversidade através de interações diretas, tais como alimentando-se de uma planta nativa (Jenkins 2003), predando ou parasitando uma presa ou hospedeiro nativo (Boettner et al. 2000; Snyder & Evans 2006) ou ainda hibridizando-se com uma espécie nativa (Jensen et al. 2005). Interações indiretas podem também afetar espécies e os ecossistemas, através de efeitos em cascata (acumulados entre os níveis tróficos), disseminando doenças, competindo por alimento e/ou por espaço, ou ainda compartilhando inimigos naturais com espécies nativas (NRC 2002).

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de investigar a possibilidade de alteração na acarofauna de folíolos de coqueiro (abundância e diversidade) mediada pela introdução de *R. indica*. Para tanto, foi realizado um levantamento, ao longo de 1 ano, em duas áreas de cultivo de coqueiro, uma infestada e outra livre de *R. indica*. A hipótese aqui testada é que as áreas diferem quanto a abundância e diversidade de ácaros. Devido à não co-evolução da acarofauna nativa com a espécie exótica, é esperado que a espécie exótica seja dominante na área infestada, resultando em uma maior abundância e conseqüentemente menor diversidade. Adicionalmente, foi investigado o efeito da espécie exótica sobre a flutuação da principal família de ácaros predadores, família Phytoseiidae.

REFERÊNCIAS

- Assis CPO, Morais EGF, Gondim Jr MGC (2013) Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 60:357–365.
- Boettner GH, Elkinton JS, Boettner CJ (2000) Effects of a biological control introduction on three nontarget native species of saturniid moths. *Conserv Biol* 14:1798–1806.
- Carrillo D, Peña JE, Hoy MA, Frank JH (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, Navia D, Ferragut F, Peña JE (2011a) First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. *Florida Entomol* 94:370–371.
- Carrillo D, Coss ME, Hoy MA, Peña JE (2011b) 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, Frank JH, Rodrigues JCV, Peña JE (2011c) A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp Appl Acarol* 57: 347–360.
- Carrillo D, Peña J (2011) Studies on the biology of native predators associated with *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Florida, USA: implications on their potential as biological control agents of this exotic species.
- De la Torre PE, Suarez A, Iris A (2010) Presencia del acaro *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Cuba. *Rev Proteccion Veg* 25(1):1–4.
- Domingos CA, Oliveira LO, Morais EG, Navia D, Moraes GJ, Gondim Jr MGC (2013) 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.
- Etienne J, Flechtmann CHW (2006) First Record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. *Int J Acarol* 32:331–332.
- Flechtmann CHW, Etienne J (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, Montoya A, Rodríguez H (2010) Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. *Rev Protección Veg* 25:11–16.

Gallego CE, Aterrado ED, Batomalaque CG (2003) Biology of the false spider mite, *Rarosiella cocosae* Rimando, infesting coconut palms in Camiguin, Northern Mindanao Philippines Entomol 17:187-202.

Gondim Jr MGC, Castro TMMG, Marsaro Jr AL, Navia D, Melo JWS, Demite PR, Moraes GJ (2012) Can the red palm mites threaten the Amazon vegetation? Syst Biodivers 10: 527–535.

González-Reus M, Ramos M (2010) Plantas hospedantes de *Raoiella indica* Hirst (Acari:Tenuipalpidae) en el municipio Santiago de Cuba. Rev Proteccion Veg 25(1):5–6.

Gurevitch J, Padilla DK (2004) Are invasive species a major cause of extinctions? Trends Ecol Evol 19:470–474.

Hoy MA, Peña J, Nguyen R (2006) Red Palm Mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) University of Florida, Florida 5p.

Jenkins MA (2003) Impact of the balsam woolly adelgid (*Adelges piceae* Ratz.) on an *Abies fraseri* (Pursh) Poir. dominated stand near the summit of Mount LeConte, Tennessee. Castanea 68:109–118.

Jensen AB, Palmer KA, Boomsma JJ, Pedersen BV (2005) Varying degrees of *Apis mellifera ligustica* introgression in protected populations of the black honeybee, *Apis mellifera mellifera*, in northwest Europe. Mol Ecol 14:93–106.

Jeppson LR, Keifer HH, Baker EW (1975) Mites injurious to economic plants. Berkeley: University of California Press, 614p.

Juárez-Duran M (2010) Vigilancia epidemiológica del ácaro rojo del las palmas (*Raoiella indica*) em México.

Kane EC, Ochoa R, Mathurin G, Erbe EF (2004) *Raoiella indica* Hirst (Acari : Tenuipalpidae): An island-hopping mite pest in the Caribbean. The ESA Annual Meeting and exhibition. Ft.Lauderdale, Florida, USA.

Kane EC, Ochoa R (2006) Detection and Identification of the Red Palm Mite *Raoiella indica* Hirst (Acari:Tenuipalpidae). Agency Report. USDA ARSSyst Entomol Lab Beltsville, MD 1–7.

Marsaro Jr AL, Navia D, Gondim Jr MGC, Duarte OR, Castro TMMG, Moreira GAM (2010) Host plants of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae), in Brazil. Abstract Book of the XIII International Congress of Acarology, Recife.

Mendes JA, Silva VC, Gondim Jr MGC, Melo JWS (2015) Primeiro registro da ocorrência do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), na região nordeste do Brasil. Encontros universitários, UFC.

Moraes GJ, Castro TMMG, Kreiter S, Quilici S, Gondim Jr MGC, Sa LAN (2012)

- Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Réunion Island (Indian Ocean). *Acarologia* 52:129–134.
- Moutia LA (1958) Contribution to the Study of some Phytophagous Acarina and their Predators in Mauritius. *Bull Entomol Res* 49:59.
- Mound LA, Tree DJ, Goldarazena A (2010) A new species of predatory Scolothrips (Thysanoptera, Thripidae) feeding on *Raoiella* mites (Tenuipalpidae) in Australia. *Zootaxa* 68:63–68.
- Nageshachandra BK, Channabasavanna GP (1984) Development and ecology of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconut. In: D.A. Griffiths and C.E. Bowman, (eds.), *Acarol VI*. Ellis Horwood, West Sussex.
- Navia D, Moraes GJ, Flechtmann CHW (2007) Phytophagous mites as invasive alien species: quarantine procedures. In: Proceedings of the XI International Congress of Acarology 307–316.
- Navia D, Moraes GJ, Marsaro Jr AL, Gondim Jr MGC, Silva FR, Castro TMMG (2010) Current status and distribution of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Brazil. Abstract Book of the XIII International Congress of Acarology, Recife, 173p.
- Navia D, Morais EGF, Mendonça RS, Gondim Jr MGC (2015) Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae). In: R.A. Zucchi & E. Vilela (eds), *Pragas Introduzidas: Insetos e Ácaros*. São Paulo, FEALQ 399-433.
- Núñez MA, Bailey JK, Schweitzer JA (2010) Population, community and ecosystem effects of exotic herbivores: A growing global concern. *Biol Invasions* 12:297–301.
- NRC (2002) Predicting invasions of nonindigenous plants and plant pests. National Academy Press, Washington.
- Oliveira DC, Prado EP, Moraes GJ, Moraes GJ, Morais EGF, Chagas EA, Gondim Jr MGC, Navia D (2016) First Report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Southeastern Brazil. *Florida Entomol* 99:123–125.
- Peña JE, Mannion CM, Howard FW, Hoy MA (2006) *Raoiella indica* (Prostigmata: Tenuipalpidae): The red palm mite: A potential invasive pest of palms and bananas and other tropical crops in Florida.
- Peña JE, Rodrigues JCV, Roda A, Carrillo D, Osborne LS (2009) Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. *IOBC/WPRS Bull* 50:69–79.
- Pimentel D (2002) Biological invasions. Economic and environmental costs of alien plants, animal and microbe species. CRC Press, Boca Raton.
- Rodrigues JCV, Ochoa R, Kane EC (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.

- Rodrigues JCV, Antony LM (2011) First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. *Florida Entomol* 94:1073–1074.
- Rodrigues JCV, Irish BM (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 JCV, Pena JE (2012) Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Exp Appl Acarol* 57:317–329.
- Sarkar PK, Somchoudhury AK (1988) Evaluation of some pesticides against *Raoiella indica* Hirst. on coconut palm in West Bengal. *Pesticides* 22:21–22.
- Sarkar PK, Somchoudhury AK (1989) Interrelationship between plant characters and incidence of *Raoiella indica* Hirst. on coconut. *Indian J Entomol* 51:45–50.
- Sathiamma B (1996) Observations on the mite fauna associated with the coconut palm in Kerala, India. *J Plant Crop* 24:92–96.
- Silva OLR (2015) Trânsito de vegetais e prevenção à introdução de pragas. *Pragas introduzidas no Brasil* 118–131.
- Snyder WE, Evans EW (2006) Ecological Effects of Invasive Arthropod Generalist Predators. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 37:95–122.
- Souza-Costa FA (2015) Relato de nova praga e suas consequências para o agronegócio brasileiro. *Pragas introduzidas no Brasil* 109–117.
- Souza IV, Gondim Jr MGC, Guzzo EC (2016) Primeiro registro do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no estado de Alagoas, Brasil. In: XXVI Congresso Brasileiro de Entomologia, Alagoas, Brasil.
- Sugayama RL, Lopes-Da-Silva M, Silva SXB, Ribeiro LR, Rangel LE (2015) Ameaças fitossanitárias. *Sociedade Brasileira de Defensivos Agropecuários* 449–471.
- Taylor B, Rahman PM, Murphy ST, Sudheendrakumar VV (2011) 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.
- Vásquez C, Quirós GM, Aponte O, Sandoval DMF (2008) First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. *Neotrop Entomol* 37:739–740.
- Welbourn C (2009) Pest Alert: Red Palm Mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). In: Florida Department of Agriculture and Consumer Services.
- Williamson M (1996) *Biological invasions*. Chapman and Hall, London.
- Wittenberg R, Cock MJW (2001) Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices. *Glob Invasive species Program* 241.

Zaher MA, Wafa AK, Yousef AA (1969) Biological studies on *Raoiella indica* Hirst and *Phyllotranychus aegyptiacus* Sayed infesting date palm trees in UAR (Acarina—Tenuipalpidae). *Zeitschrift für Angew Entomol* 63:406–411.

Zannou ID, Negloh K, Hanna R, Houadakpode S, Sabelis MW (2010) Mite diversity in coconut habitat in West and East Africa. In: XIII Abstract book of the XIII International Congress of Acarology, Recife, Brazil 295p.

2 ESTABELECIMENTO DO ÁCARO-VERMELHO-DAS-PALMEIRAS, *Raoiella indica* HIRST, SUGERE MUDANÇAS NA ÁCAROFAUNA DOS FOLÍOLOS DE COQUEIRO.

RESUMO

A introdução e o estabelecimento de uma espécie invasora em um novo habitat representam uma das principais ameaças a biodiversidade e estrutura dos ecossistemas. Um exemplo recente de um ácaro que se tornou uma espécie invasora é o ácaro-vermelho-do-coqueiro, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Após sua introdução nas Américas, esta espécie tem ampliado consideravelmente o número de hospedeiros, sendo listado atualmente mais de 90 espécies botânicas, e relatado como praga-chave de algumas destas. Desde a detecção de *R. indica* na América o foco dos estudos neste continente tem sido em encontrar medidas de controle para esta espécie. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo investigar a possibilidade de alteração na acarofauna dos folíolos de coqueiro (abundância e diversidade) mediada pela introdução e estabelecimento de *R. indica*. Para tanto foi realizado um levantamento, ao longo de 1 ano, em duas áreas de cultivo de coqueiro, uma infestada e outra livre de *R. indica*. Os resultados do presente estudo sugerem que a introdução da espécie invasora, promove modificações na acarofauna existente em folíolos de coqueiro. Diferenças foram detectadas na abundância e diversidade de ácaros tanto em nível de categorias taxonômicas (família e espécie) quanto a nível de grupos tróficos (predadores, herbívoros e ácaros com modo alimentar não definido). Adicionalmente, em plantas infestadas pela espécie invasora foi verificado um padrão semelhante entre a flutuação de ácaros fitoseídeos e ácaros tenuipalpídeos (família a qual pertence a espécie invasora). Nestas plantas, a densidade de ácaros tenuipalpídeos foi ainda a variável que mais contribuiu para explicação da flutuação de ácaros fitoseídeos. Tais evidências sugerem que a espécie invasora, *R. indica*, atue como espécie keystone, estruturando a acarofauna em plantas de coqueiro.

Palavras-chaves: Espécie exótica. Espécie invasora. Ácaro. Biodiversidade. Comunidade.

INTRODUÇÃO

Uma das principais ameaças a biodiversidade e estrutura dos ecossistemas é a introdução e o estabelecimento de uma espécie invasora em um novo habitat (Williamson 1996; Wittenberg & Cock 2001; Pimentel 2002; Gurevitch & Padilla 2004; Nuñez et al. 2009). Dentre a biota de espécies invasoras, destacam-se os artrópodes por representarem grande parte desta fauna (Kenis et al. 2009). No entanto, estes tem recebido menor atenção em relação aos seus efeitos sobre o meio ambiente em comparação com plantas, vertebrados e organismos aquáticos (Parker et al. 1999; Levine et al. 2003; Long 2003). Artrópodes invasores podem impactar a biodiversidade através de interações diretas, tais como alimentando-se de uma planta nativa (Jenkins 2003), predando ou parasitando uma presa ou hospedeiro nativo (Boettner et al. 2000; Snyder & Evans 2006) ou ainda hibridizando-se com uma espécie nativa (Jensen et al. 2005). Interações indiretas podem afetar espécies e os ecossistemas, através de efeitos em cascata (acumulados entre os níveis tróficos), disseminando doenças, competindo por alimento e/ou por espaço, ou ainda compartilhando inimigos naturais com espécies nativas (NRC 2002).

Ácaros são exemplos de artrópodes com elevada propensão a se tornarem invasores. Navia et al. (2007) destacam algumas características que explicam esse potencial, tais como polifagia, possibilidade de transmissão de doenças (vetores), rápido desenvolvimento de resistência a pesticidas, elevada capacidade de sobreviver a condições adversas, reprodução partenogenética, adaptação a novos hospedeiros e, sobretudo, a difícil detecção sobre o hospedeiro (são minúsculos e muitas vezes vivem em locais confinados). Um exemplo recente de um ácaro que se tornou uma espécie invasora é o ácaro-vermelho-do-coqueiro, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Desde sua descrição, a partir de indivíduos coletados em folíolos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no sul da Índia (Hirst 1924), este ácaro apresentava distribuição restrita a países do continente africano e asiático (Mesa et al. 2009). Recentemente, esta espécie foi encontrada em alguns países do continente americano (Flechtmann & Etienne 2004; Etienne & Flechtmann 2006; Rodrigues et al. 2007; Vasquez et al. 2008; Navia et al. 2011; Carrillo et al. 2011; Kane et al. 2012) e tem ampliado consideravelmente o

número de hospedeiros, sendo listado mais de 90 espécies botânicas (Carrillo et al., 2012a; Gondim Jr et al. 2012).

Desde a detecção de *R. indica* na América o foco dos estudos neste continente tem sido encontrar medidas de controle para esta espécie (Navia et al. 2015). Apesar da recente invasão, esta espécie já é relatada como praga em culturas de elevada importância econômica tais como coco (*Cocos nucifera* L.), banana (*Musa paradisiaca* L.), espécies de palmeiras produtoras de óleo ou palmito e ornamentais (Marsaro Jr et al. 2010). Até a presente data nenhum estudo foi conduzido, avaliando o possível impacto da introdução desta espécie sobre a biodiversidade de ácaros. Peña et al. (2009) relata que nas áreas recentemente invadidas por *R. indica* as populações de *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) tem aumentado. Este ácaro predador tem sido o mais frequente e abundante encontrado em associação com *R. indica* (Gallego et al. 2003; Etienne & Flechtmann 2006; Hoy et al. 2006; Peña et al. 2009; Zannou et al. 2010; Taylor et al. 2011; Gondim Jr et al. 2012; Moraes et al. 2012). Para investigar a possibilidade de alteração na comunidade de ácaros (abundância e diversidade), mediada pela introdução de *R. indica* foi realizado um levantamento, ao longo de 1 ano, em duas áreas de cultivo de coqueiro, uma infestada e outra livre de *R. indica*. A hipótese aqui testada é que as áreas diferem quanto a abundância e diversidade de ácaros. Devido à não co-evolução da acarofauna nativa com a espécie exótica, é esperado que a espécie exótica seja dominante na área infestada, resultando em uma maior abundância e menor diversidade de ácaros. Adicionalmente, foi investigado o efeito da espécie exótica sobre a flutuação de Phytoseiidae principal família de ácaros predadores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área experimental

As atividades de campo foram realizadas em dois plantios de coqueiro (*C. nucifera*). Um dos plantios (Fortaleza-CE, -3°44'S, -38°44'W) foi recentemente diagnosticado com infestação do ácaro-vermelho-das-palmeiras (aproximadamente 2 anos atrás), e desde então o ácaro vem colonizando naturalmente as plantas sem nenhuma intervenção humana. O outro plantio (Guaramiranga-CE, 4°16'S 38°54'W) encontra-se livre de infestação do ácaro-vermelho-das-palmeiras. A distância entre os plantios é de aproximadamente 100 km, distância suficiente para evitar a dispersão da

espécie invasora entre os campos. Os campos foram selecionados por apresentar plantas com características semelhantes, tais como variedades (híbridos gigante x anão), plantas em produção com idade entre 7 e 10 anos, e que jamais foram submetidas a pulverizações com agrotóxicos.

3.2 Níveis de ocorrência e determinação da fauna de ácaros

O levantamento foi conduzido nas duas áreas experimentais, descritas anteriormente, durante um ano (novembro de 2015 a outubro de 2016). Em ambas as áreas, as plantas de coqueiro foram amostradas mensalmente. As amostras consistiam de folíolos de coqueiros coletados na folha 14 no coqueiro adulto de 10 plantas que foram escolhidas aleatoriamente. A folha nº 14 é a que melhor expressa o estado nutricional da planta (considerando-se como 0 a folha prestes a abrir; Sobral 1998). De cada planta foram coletados 15 folíolos, sendo 5 apicais, 5 medianos e 5 basais, estratificando a coleta, com o intuito de tornar a amostra mais representativa possível. Cada amostra foi colocada em um saco plástico devidamente etiquetado e armazenado temporariamente em uma caixa de isopor para o transporte até o laboratório. No laboratório, as amostras foram armazenadas em um refrigerador (regulado a 10 °C) até a inspeção, que foi realizada em até 5 dias após a coleta.

A inspeção dos folíolos foi realizada em microscópio estereoscópio e os ácaros transferidos para eppendorfs, contendo álcool 70%. Espécimes preliminarmente identificados com *R. indica*, foram contados e 20 deles foram coletados aleatoriamente (incluindo adultos e imaturos) e montados em meio Hoyer para posterior confirmação da identificação. Todos os demais ácaros foram montados em meio Hoyer para identificação e contagem.

3.3 Análise dos dados

Diferenças na abundância e diversidade de ácaros foram inicialmente visualizadas através de curvas de rarefação e da sobreposição de seus respectivos intervalos de confiança a 95%. As curvas foram elaboradas utilizando o software SigmaPlot® 11.0 (Systat software, Inc.), plotando-se o número de espécie em função do número de indivíduos. A diversidade de espécies nas duas áreas foi comparada através da série exponencial de Rényi, utilizando o software Past 2.02 (Hammer et al.2001). Esta série engloba os principais índices de diversidade desde aqueles mais sensíveis a

espécies raras (baixos valores de α), até aqueles que dão maior peso as espécies abundantes (altos valores de α) (Tóthmérész1995). Nesta série valores de $\alpha = 0$, corresponde ao número total de espécies; $\alpha = 1$ corresponde ao índice de Shannon, $\alpha = 2$ corresponde ao índice de Simpson, e $\alpha \rightarrow \infty$ corresponde ao índice de Berger-Parker. O número de famílias e espécies de ácaros encontradas em cada avaliação foram comparados através do teste T, utilizando-se o software SAS (SAS Institute 2002). Os indivíduos foram ainda separados em grupos tróficos (fitófagos, predadores e ácaros com modo de alimentação variável), comparando-se as áreas quanto ao número de indivíduos e táxons através do teste T, utilizando-se o software SAS (SAS Institute2002). Adicionalmente, foram estimados os fatores relacionados à flutuação da principal família de ácaros predadores (Phytoseiidae) em ambas as áreas, durante o período de avaliação. Para tanto, inicialmente foram realizadas correlações simples entre e dentre as variáveis bióticas (densidades de cada espécie) e abióticas (temperatura média mensal, umidade relativa média mensal e precipitação mensal), e em seguida, procedeu-se com análise de regressão multivariada (Stepwise), utilizando-se o software SAS (SAS Institute 2002). Dados das variáveis climáticas foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET 2017) das estações mais próximas de cada plantio (distância máxima de 5 km).

4 RESULTADOS

Um total de 228.609 ácaros foram coletados, aproximadamente 93% destes (213.413 espécimes) na área com ocorrência da espécie invasora e 7% (15.196 espécimes) na área sem ocorrência da espécie invasora (Tabela 1).

Na área com ocorrência da espécie invasora 98,72% dos indivíduos coletados compreendiam espécimes de ácaros fitófagos, 1,24% correspondiam a espécimes de ácaros predadores e 0,04% correspondiam a espécimes de ácaros com modo de alimentação variável. Dentre os fitófagos, 96,56% destes correspondiam a tenuipalpídeos, família a que pertence a espécie invasora. Outras duas espécies desta família (*Brevipalpus yothersi* Baker e *Tenuipalpus coyacus* De Leon) foram observadas, no entanto representaram menos de 1%. Os demais fitófagos (3,44%) compreendiam 5 espécies, sendo 3 pertencentes a super família Eriophyoidea e 2 pertencentes a família Tetranychidae. Dentre os ácaros predadores, 4 famílias foram observadas: Cunaxidae, Cheyletidae, Iolinidae e Phytoseiidae. Esta última foi a mais abundante, correspondendo

a 76,47% dos predadores coletados. As espécies de fitoseídeos mais abundantes foram *Amblyseius largoensis* (Muma) e *Neoseiulus recifensis* Gondim Jr & Moraes, correspondendo respectivamente a 67,97 e 5,09% dos indivíduos desta família. As seguintes ordem e famílias de ácaros com modo de alimentação variável foram observadas: Ameroseiidae, Astigmata, Neophylobiidae, Pachylaelapidae, Tarsonemidae e Triophtydeidae.

Na área sem ocorrência da espécie invasora 77,48% dos indivíduos coletados compreendiam espécimes de ácaros fitófagos, 11,05% correspondiam a espécimes de ácaros predadores e 11,47% correspondiam a espécimes de ácaros como modo de alimentação variável. Dentre os fitófagos, 64,41% correspondiam a ácaros pertencentes a super família Eriophyoidea (*Notostrix nasutiformes* Gondim, Flechtmann & Moraes e *Retractus johnstoni* Keifer) e 35,59% correspondiam a ácaros pertencentes a família Tetranychidae (*Oligonychus pratensis* (Banks) e *Tetranychus sp1*). Dentre os ácaros predadores, 7 famílias foram observadas: Ascidae, Bdellidae, Cunaxidae, Cheyletidae, Iolinidae, Phytoseidae e Stigmaeidae. Os fitoseídeos foram os predadores mais abundantes, correspondendo a 60,99% dos indivíduos coletados. As espécies mais abundantes de fitoseídeos foram *Amblyseius operculatus* De Leon, *Leonseius regulares* De Leon e *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, correspondendo respectivamente a 35,90, 12,59 e 10,549% dos indivíduos desta família. As seguintes ordens e famílias de ácaros com modo de alimentação variável foram observadas: Astigmata, Eupodidae, Oribatidae, Tarsonemidae, Tydeidae e Triophtydeidae.

As curvas de acumulação de espécies (rarefação) estabilizaram-se com o aumento do esforço amostral, e sugerem diferenças na abundância e diversidade de ácaros presentes nas áreas (Fig. 1). Na área sem ocorrência da espécie invasora foi observado uma menor abundância e maior número de taxóns, enquanto que para a área com ocorrência da espécie invasora foi observado o oposto (menos espécies e mais espécimes). As curvas de perfil de diversidade das áreas reforçam as diferenças na diversidade de ácaros. Independentemente do valor de alfa, as curvas não se tocam e maiores valores de diversidade são observados para a área sem ocorrência da espécie invasora (Fig. 2).

A composição das comunidade de ácaros diferiram entre as áreas, tanto a nível de família quanto a nível de espécie (Fig. 3). Um número maior de famílias e de espécies foram observados na área sem ocorrência da espécie invasora. Sob o ponto de vista de grupos tróficos, diferenças foram também observadas entre as áreas com e sem

a presença da espécie invasora (Fig. 4A e B). Herbívoros foram mais abundantes na área com ocorrência da espécie invasora e não diferiram quanto ao número médio de taxons. Predadores não diferiram quanto a abundância, mas apresentaram um número médio de taxons maior na área sem ocorrência da espécie invasora. Ácaros com modo de alimentação variável foram mais abundantes e apresentaram um número médio taxons maior na área sem a presença da espécie invasora.

A presença da espécie invasora afetou a dinâmica populacional dos fitoseídeos (Fig. 5). Na área sem ocorrência da espécie invasora 43% da flutuação dos fitoseídeos foram explicados pela precipitação mensal e pela densidade média de ácaros tetraniquídeos ($F_{1,10} = 3.18$; $R^2 = 0,43$; $P = 0,047$) (Tabela 2). A densidade média de fitoseídeos/folículo variou de 0,2 a 1,3. O pico populacional de fitoseídeos coincidiu com o mês de maior precipitação (janeiro) e com a menor densidade de tetraniquídeos/folículo (0,1 ácaros/folículo). Nos meses chuvosos subsequentes (fevereiro a junho) as populações de fitoseídeos e tetraniquídeos mantiveram-se baixas, encerrado o período chuvoso foi observado um acréscimo nas densidades médias de fitoseídeos e tetraniquídeos. Na presença da espécie invasora, as variáveis densidade média de tenuipalpídeos, precipitação mensal, densidade média de tetraniquídeos e temperatura média explicaram 91% da flutuação dos fitoseídeos ($F_{1,10} = 18,60$; $R^2 = 0,91$; $P < 0,001$) (Tabela 2). A densidade média de fitoseídeos/folículo variou de 0,4 a 1,9. O padrão de flutuação dos fitoseídeos seguiu um padrão semelhante aquele observado para os ácaros tenuipalpídeos e tetraniquídeos, sendo observados picos populacionais em novembro e março meses quentes. A partir do mês de abril, mês com maior precipitação, foi observado um decréscimo nas densidades de fitoseídeos, tenuipalpídeos e tetraniquídeos.

5 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que a introdução da espécie invasora, *R. indica*, promove modificações na acarofauna existente em folíolos de coqueiro. Diferenças foram detectadas na abundância e diversidade de ácaros tanto em nível de categorias taxonômicas (família e espécie) quanto ao nível de grupos tróficos (predadores, herbívoros e ácaros com modo alimentar não definido). Adicionalmente, em plantas infestadas pela espécie invasora foi verificado um padrão semelhante entre a flutuação de ácaros fitoseídeos e ácaros tenuipalpídeos (família a qual pertence a

espécie invasora). Nestas plantas, a densidade de ácaros tenuipalpídeos foi ainda a variável que mais contribuiu para explicação da flutuação de ácaros fitoseídeos. Tais evidências sugerem que a espécie invasora, *R. indica*, atue como espécie keystone, estruturando a acarofauna em plantas de coqueiro.

Plantas infestadas pela espécie invasora apresentaram maior abundância e menor diversidade de ácaros. Esse resultado era esperado uma vez que trata-se de uma introdução recente, não havendo portanto tempo para co-evolução da acarofauna nativa com a espécie exótica. A espécie invasora foi dominante dentre os ácaros coletados, representando mais de 95% destes. É possível que a espécie invasora represente um competidor superior por espaço e/ou alimento, e tenha reduzido ou até mesmo extinguido populações nativas de ácaros fitófagos. Na ausência de possíveis ou potenciais competidores é esperado que a espécie invasora otimize a exploração dos recursos, consequentemente aumentando suas populações. Reduções, e até mesmo extinções de herbívoros nativos, após introduções de espécies de herbívoros invasores tem sido reportado. Como exemplo temos a extinção de populações locais de lepidópteros nas ilhas Galápagos após a introdução da cochonilha *Icerya purchasi* Maskell (Hemiptera: Margarodidae) (Roque-Albelo 2003). Um outro exemplo refere-se à redução populacional de moscas da família Tephritidae após a introdução do curculionídeo *Rhinocyllus conicus* (Coleoptera: Curculionidae) na América do Norte (Louda et al. 1997). Herbívoros invasores podem ainda afetar herbívoros nativos via interferência comportamental (Kenis et al. 2009). Como exemplo de interferência comportamental temos o caso do biótipo B da mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Machos da mosca-branca biótipo B tem interferido na copula de machos de outros dois biótipos, levando a reduções populacionais destes (Liu et al. 2007).

A guilda de ácaros predadores parece também ter sido afetada pela presença da espécie invasora. A fauna de ácaros predadores não diferiram quanto a abundância, porém foram menos diversos em plantas infestadas pela espécie invasora. É possível que a dominância da espécie invasora, e consequente redução da abundância dos demais ácaros fitófagos, tenha atuado como uma pressão de seleção sobre as espécies de ácaros predadores. Essa hipótese é reforçada pela dominância de *A. largoensis* dentre os ácaros predadores, representando 64.5% dentre todos os predadores e 68% dentre os fitoseídeos. Esta espécie tem sido a mais frequente e abundante encontrada em associação com a espécie invasora (Gallego et al. 2003; Etienne & Flechtmann 2006;

Hoy et al. 2006; Peña et al. 2009; Zannou et al. 2010; Taylor et al. 2011; Gondim Jr et al. 2012; Moraes et al. 2012). Em áreas recentemente invadidas por *R. indica*, Peña et al. (2009) relata que as populações de *A. largoensis* tem aumentado. Efeitos indireto de espécies de herbívoros invasores podem ser observadas através de competição aparente (Holt 1977). Este tipo de competição ocorre quando a presença de uma espécie afeta negativamente o fitness de uma outra, através do aumento de uma espécie de predador que é compartilhado entre as espécies herbívoras. São poucos os estudos que abordam competição aparente menos ainda quando envolvem espécie invasoras (Kenis et al. 2009). Um exemplo de competição aparente que envolve uma espécie invasora é visto no estudo conduzido por Settle & Wilson (1990). O estudo demonstra que duas espécies de cigarrinhas, *Erythroneura variabilis* Beamer (Hemiptera: Cicadellidae) espécie exótica e *Erythroneura elegantula* Osborn (Hemiptera: Cicadellidae) espécie nativa da Califórnia, não diferem quanto a sua habilidade competitiva, porém em campo há um declínio da população da espécie nativa devido a ação de um parasitoide compartilhado, *Anagrusepo* Girault (Hymenoptera: Mymaridae). Settle & Wilson (1990) relatam ainda aumentos na população do parasitoide. Um outro exemplo refere-se ao estudo conduzido por Redman & Scriber (2000). Ainda que não tenham avaliado interações competitivas entre as duas espécies de lepidóptera estudadas, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) espécie exótica e *Papilio canadenses* Rothschild & Jordan (Lepidoptera: Papilionidae) espécie nativa, os autores relatam que a taxa de parasitismo sobre a espécie nativa mais que dobrou na presença da espécie exótica.

Ácaros com modo de alimentação variável foram mais abundantes e diversos em plantas não colonizadas pela espécie invasora. Estes ácaros provavelmente foram beneficiados pela ausência da espécie invasora e também pela não dominância de um predador específico (maior diversidade de ácaros predadores). De um modo geral, as famílias encontradas (Astigmata, Eupodidae, Oribatidae, Tarsonemidae, Tydeidae e Triophtydeidae) incluem espécies saprófagas, fungívoras, fitófagas, graminívoras, predadoras e até parasitas de insetos (Krantz 2009). A maior diversidade e abundância deste grupo de ácaros sugere um maior equilíbrio ecológico em plantas não colonizadas pela espécie invasora.

Em plantas infestadas pela espécie invasora, *R. indica* parece exercer elevada influência sobre a dinâmica populacional dos fitoseídeos. Resultados semelhantes foram observados no estudo conduzido por Gondim Jr et al. (2012), que observaram correlação significativa e positiva entre densidades de fitoseídeos e densidade de *R.*

indica ($R = 0.91$, $P < 0.001$) em folíolos de coqueiro. Os autores utilizaram também abordagem multivariada (regressão multivariada tipo stepwise) para explicar as densidades de *R. indica* em folíolos de coqueiro, observando maior contribuição para as densidades de fitoseídeos. De modo semelhante, no presente estudo foi utilizado a mesma abordagem multivariada, porém para explicar a flutuação dos fitoseídeos, e foi verificado maior contribuição para as densidades de tenuipalpídeos (a espécie invasora representa aproximadamente 99% dos ácaros desta família). Uma vez que elevadas populações da espécie invasora tem sido observada sobre os folíolos de coqueiro é esperado influência desta espécie sobre a flutuação de predadores. Predadores que se adaptem a utilizar a espécie invasora como item alimentar, provavelmente terão um incremento populacional e estão menos susceptíveis a modificações do ambiente devido a abundância de alimento. Esta hipótese é fortalecida ao se observar os resultados mencionados anteriormente para abundância e diversidade de fitoseídeos em plantas infestadas e não infestadas pela espécie invasora.

Até o presente, há inúmeras publicações que abordam o efeito de espécies invasoras de herbívoros sobre a fauna local, inclusive demonstrando efeitos em diferentes níveis de organização biológica (efeitos genéticos, sobre indivíduos, populações, comunidades, e até mesmo sobre processo do ecossistema (Parker et al. 1999; Kenis et al. 2009). No entanto, este é o primeiro estudo que sugere alterações na acarofauna mediadas pela introdução de uma espécie de ácaro invasor, *R. indica*. Estudos adicionais fazem-se necessários para avaliar a capacidade competitiva da espécie invasora em comparação com espécies nativas, a possibilidade de deslocamento de espécies nativas bem como o possível compartilhamento de inimigos naturais.

REFERÊNCIAS

- Boettner GH, Elkinton JS, Boettner CJ (2000) Effects of a biological control introduction on three nontarget native species of saturniid moths. *Conserv Biol* 14:1798–1806.
- Carrillo D, Peña J (2011) Studies on the biology of native predators associated with *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Florida, USA: implications on their potential as biological control agents of this exotic species.
- Etienne J, Flechtmann CHW (2006) First Record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. *Int J Acarol* 32:331–332.

- Flechtmann CHW, Etienne J (2004) The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Syst Appl Acarol* 9:109–110.
- Gallego CE, Aterrado ED, Batomalaque CG (2003) Biology of the false spider mite, *Rarosiella cocosae* Rimando, infesting coconut palms in Camiguin, Northern Mindanao Philippines *Entomol* 17:187-202.
- Gondim Jr MGC, Castro TMMG, Marsaro Jr AL, Navia D, Melo JWS, Demite PR, Moraes GJ (2012) Can the red palm mites threaten the Amazon vegetation? *Syst Biodivers* 10: 527–535.
- Gurevitch J, Padilla DK (2004) Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends Ecol Evol* 19:470–474.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4 (1): 1-9. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Accessed 25 Maio 2016.
- Hirst S (1924) On some new species of red spiders. *The Annals and Magazine of Natural History* 9 522–527.
- Holt RD (1977) Predation, apparent competition and the structure of prey communities. *Theor Popul Biol* 12:197–229.
- Hoy MA, Peña J, Nguyen R (2006) Red Palm Mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) University of Florida, Florida 5p.
- INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA) (2012) Instituto Nacional de Meteorologia. Available at <http://www.inmet.gov.br>. Accessed 12 July 2016.
- Jenkins MA (2003) Impact of the balsam woolly adelgid (*Adelges piceae* Ratz.) on an *Abies fraseri* (Pursh) Poir. dominated stand near the summit of Mount LeConte, Tennessee. *Castanea* 68:109–118.
- Jensen AB, Palmer KA, Boomsma JJ, Pedersen BV (2005) Varying degrees of *Apis mellifera ligustica* introgression in protected populations of the black honeybee, *Apis mellifera mellifera*, in northwest Europe. *Mol Ecol* 14:93–106.
- Kane EC, Ochoa R, Mathurin G, Erbe EF, Beard JJ (2012) *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. *Exp Appl Acarol* 57:215–225.
- Krantz GW, Walter DE (2009) A manual of acarology, third edition. Texas Tech University Press, Lubbock Texas 807p.
- Kenis M, Auger-Rozenberg MA, Roques A, Timms L, Péré C, Cock MJ, Lopez-Vaamonde C (2009) Ecological effects of invasive alien insects. *Biol Invasions* 11:21–45.

- Levine JM, Vilà M, D'Antonio CM, Dukes JS, Grigulis K, Lavorel S (2003) Mechanisms underlying the impact of exotic plant invasions. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 270:775–781.
- Liu SS, De Barro PJ, Xu J, Luan JB, Zang LS, Ruan YM, Wan FH (2007) Asymmetric mating interactions drive widespread invasion and displacement in a whitefly. *Science* 318:1769–1772.
- Long JL (2003) Introduced mammals of the world. Their history distribution and influence. CABI, Wallingford.
- Louda SM, Kendall D, Connor J, Simberloff D (1997) Ecological effects of an insect introduced for the biological control of weeds. *Science* 277:1088–1090.
- Marsaro Jr AL, Navia D, Gondim Jr MGC, Duarte OR, Castro TMMG, Moreira GAM (2010) Host plants of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae), in Brazil. Abstract Book of the XIII International Congress of Acarology, Recife.
- MesaNC, OchoaR., WelbournWC, Evans GA, Moraes GJ (2009) A catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the world with a key to genera. *Zootaxa* 2098:185.
- Moraes GJ, Castro TMMG, Kreiter S, Quilici S, Gondim Jr MGC, Sa LAN (2012) Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Réunion Island (Indian Ocean). *Acarologia* 52:129–134. Moya CAG. 2016. *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): hospedeiros nativos no Brasil e potencial de *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) para seu controle biológico.
- Navia D, Moraes GJ, Flechtmann CHW (2007) Phytophagous mites as invasive alien species: quarantine procedures. In: Proceedings of the XI International Congress of Acarology 307–316.
- Navia D, Marsaro Jr AL, Silva FR, Gondim Jr MGC, Moraes GJ (2011) First Report of the Red Palm Mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. *Neotrop Entomol* 40:409–411.
- Navia D, Morais EGF, Mendonça RS, Gondim Jr MGC (2015) Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae). In: R.A. Zucchi & E. Vilela (eds), *Pragas Introduzidas: Insetos e Ácaros*. São Paulo, FEALQ 399-433.
- Núñez MA, Bailey JK, Schweitzer JA (2010) Population, community and ecosystem effects of exotic herbivores: A growing global concern. *Biol Invasions* 12:297–301.
- NRC (2002) Predicting invasions of nonindigenous plants and plant pests. National Academy Press, Washington.
- Parker IM, Simberloff D, Lonsdale WM, Goodell K, Wonham M, Kareiva PM, Williamson MH, Holle B von MPB, Byers JE, Goldwasser L (1999) Toward a framework for understanding the ecological effects of invader. *Biol Invasions* 1:3–19.
- Peña JE, Rodrigues JCV, Roda A, Carrillo D, Osborne LS (2009) Predator-prey

dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. IOBC/WPRS Bull 50:69–79.

Pimentel D (2002) Biological invasions. Economic and environmental costs of alien plants, animal and microbe species. CRC Press, Boca Raton.

Redman AM, Scriber JM (2000) Competition between the gypsy moth, *Lymantria dispar*, and the Northern tiger swallowtail, *Papilio canadensis*: interactions mediated by host plant chemistry, pathogens and parasitoids. *Oecologia* 125:218–228.

Rodrigues JCV, Ochoa R, Kane EC (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.

Roque-Albelo L (2003) Population decline of Galápagos endemic Lepidoptera on Volcano Alcedo (Isabela Island, Galápagos Islands, Ecuador): an effect of the introduction of the cottony cushion scale? *Bull Inst R Sci Nat Belg Entomol* 73:1–4.

SAS Institute (2002) SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

Settle WH, Wilson LT (1990) Invasion by the variegated leafhopper and biotic interactions: parasitism, competition and apparent competition. *Ecology* 71:1461–1470.

Snyder WE, Evans EW (2006) Ecological Effects of Invasive Arthropod Generalist Predators. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 37:95–122.

Sobral LF (1998) Nutrição e adubação do coqueiro. In: Ferreira JMS, Warwick DRN, Siqueira LA (eds) *A cultura do coqueiro no Brasil*, EMBRAPA-CPATC, Aracaju, 129–157pp.

Taylor B, Rahman PM, Murphy ST, Sudheendrakumar VV (2011) 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.

Tóthmérész B (1995) Comparison of different methods for diversity ordering. *J VegSci* 6(2):283–290.

Vásquez C, Quirós GM, Aponte O, Sandoval DMF (2008) First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. *Neotrop Entomol* 37:739–740.

Williamson M (1996) Biological invasions. Chapman and Hall, London.

Wittenberg R, Cock MJW (2001) Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices. *Glob Invasive species Program* 241.

Zannou ID, Negloh K, Hanna R, Houadakpode S, Sabelis MW (2010) Mite diversity in coconut habitat in West and East Africa. In: XIII Abstract book of the XIII International Congress of Acarology, Recife, Brazil 295p.

Tabela 1. Prevalência de espécies de ácaros encontradas em folíolos de coqueiro (*Cocos nucifera*) em duas áreas produtoras de coco, uma colonizada e outra não colonizada pela espécie invasora, *Raoiella indica*, entre novembro de 2015 e outubro de 2016, no estado do Ceará, Brasil.

| ORDEM/FAMÍLIA/ESPÉCIE | Área com <i>R. indica</i> | | Área sem <i>R. indica</i> | |
|---|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| | Total | Prevalência (%) | Total | Prevalência (%) |
| Espécies fitófagas | | | | |
| Eriophyidae | 196 | 0,09 | 7585 | 49,91 |
| <i>Amrineus cocofolius</i> Flechtmann | 20 | 10,20 | - | |
| <i>Notostrix sp1</i> | 103 | 52,55 | - | |
| <i>Notostrix sp2</i> | 73 | 37,24 | - | |
| <i>Notostrix nasutiformes</i> Gondim, Flechtmann & Moraes | - | | 4154 | 54,77 |
| <i>Retracrus johnstoni</i> Keifer | - | | 3431 | 45,23 |
| Tenuipalpidae | 206077 | 96,56 | - | - |
| <i>Raoiella indica</i> Hirst | 204978 | 99,47 | - | |
| <i>Brevipalpus yothersi</i> Baker | 930 | 0,45 | - | |
| <i>Tenuipalpus coyacus</i> De Leon | 169 | 0,08 | - | |
| Tetranychidae | 4425 | 2,07 | 4190 | 27,57 |
| <i>Oligonychus pratensis</i> (Banks) | 4208 | 95,10 | 3960 | 94,51 |
| <i>Tetranychus sp1</i> | 217 | 4,90 | 230 | 4,49 |
| Espécies predadoras | | | | |
| Ascidae | - | | 57 | 0,37 |
| Bdellidae | - | | 44 | 0,28 |
| Cunaxidae | 5 | >0,01 | 196 | 1,28 |
| Cheyletidae | 582 | 0,27 | 102 | 0,67 |
| Iolinidae | 41 | 0,02 | 176 | 1,15 |
| Phytoseiidae | 2042 | 0,95 | 1025 | 6,74 |
| <i>Amblyseius adathodea</i> Muma | 19 | 0,93 | - | - |
| <i>Amblyseius chiapensis</i> De Leon | - | - | 3 | 0,29 |
| <i>Amblyseius herbicolus</i> (Chant) | - | - | 69 | 6,73 |
| <i>Amblyseius largoensis</i> (Muma) | 1388 | 67,97 | - | - |
| <i>Amblyseius operculatus</i> De Leon | 3 | 0,15 | 368 | 35,90 |
| <i>Cocoseius palmarum</i> Gondim Jr, Moraes & McMurtry | 2 | 0,10 | 15 | 1,46 |
| <i>Euseius alatus</i> De Leon | 6 | 0,29 | 1 | 0,10 |
| <i>Euseius concordis</i> (Chant) | 10 | 0,49 | 20 | 1,95 |
| <i>Iphiseiodes zuluagai</i> Denmark & Muma | - | - | 108 | 10,54 |
| <i>Leonseius regularis</i> De Leon | - | - | 129 | 12,59 |
| <i>Metaseiulus adjacentis</i> (DeLeon) | 1 | 0,05 | 15 | 1,46 |
| <i>Neoseiulus recifensis</i> Gondim Jr & Moraes | 104 | 5,09 | - | - |
| <i>Typhlodromips manglae</i> De Leon | - | - | 1 | 0,10 |
| <i>Typhlodromips sp1</i> | - | - | 1 | 0,10 |
| <i>Typhlodromips sp2</i> | - | - | 1 | 0,10 |
| <i>Typhlodromus peregrinus</i> Muma | - | - | 1 | 0,10 |
| Immaturs (unidentified) | 509 | 24,93 | 293 | 28,59 |

| | | | | |
|--|----|-------|---------------|--------------|
| Stigmaeidae | - | - | 86 | 0,56 |
| Espécies com modo de alimentação variável | | | | |
| Ameroseiidae | 7 | >0,01 | - | |
| Astigmata | 20 | >0,01 | 1305 | 8,58 |
| Eupodidae | - | | 25 | 0,16 |
| Neophylobiidae | 3 | >0,01 | - | |
| Oribatidae | - | | 312 | 2,05 |
| Pachylaelapidae | 2 | >0,01 | - | |
| Tarsonemidae | 2 | >0,01 | 7 | 0,04 |
| Tydeidae | - | | 22 | 0,14 |
| Triophtydeidae | 11 | >0,01 | 64 | 0,42 |
| Total | | | 213413 | 15196 |

Tabela 2. Contribuições variáveis bióticas (densidades médias de tenuipalpídeos e tetraniquídeos) e abióticas [Precipitação mensal (mm) e Temperatura (° C)], ajustadas através de regressões do tipo *stepwise*, na explicação da dinâmica populacional de ácaros fitoseídeos coletados em folíolos de coqueiro (*Cocos nucifera*) em duas áreas produtoras de coco, uma colonizada e outra não colonizada pela espécie invasora, *Raoiella indica*, entre novembro de 2015 e outubro de 2016, no estado do Ceará, Brasil.

| Área | Variáveis | R ² (parcial) | R ² (modelo) | Teste F | P |
|----------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|---------|--------|
| Com <i>R. indica</i> | Tenuipalpidae (1) | 0,5278 | | | |
| | Precipitação (2) | 0,2266 | | | |
| | Tetranychidae (3) | 0,1109 | | | |
| | Temperatura (4) | 0,0487 | | | |
| | (1)*(2)*(3)*(4) | | 0,9140 | 18.60 | 0,0008 |
| Sem <i>R. indica</i> | Precipitação (1) | 0,2797 | | | |
| | Tetranychidae (2) | 0,1569 | | | |
| | (1)*(2) | | 0,4366 | 3.18 | 0,047 |

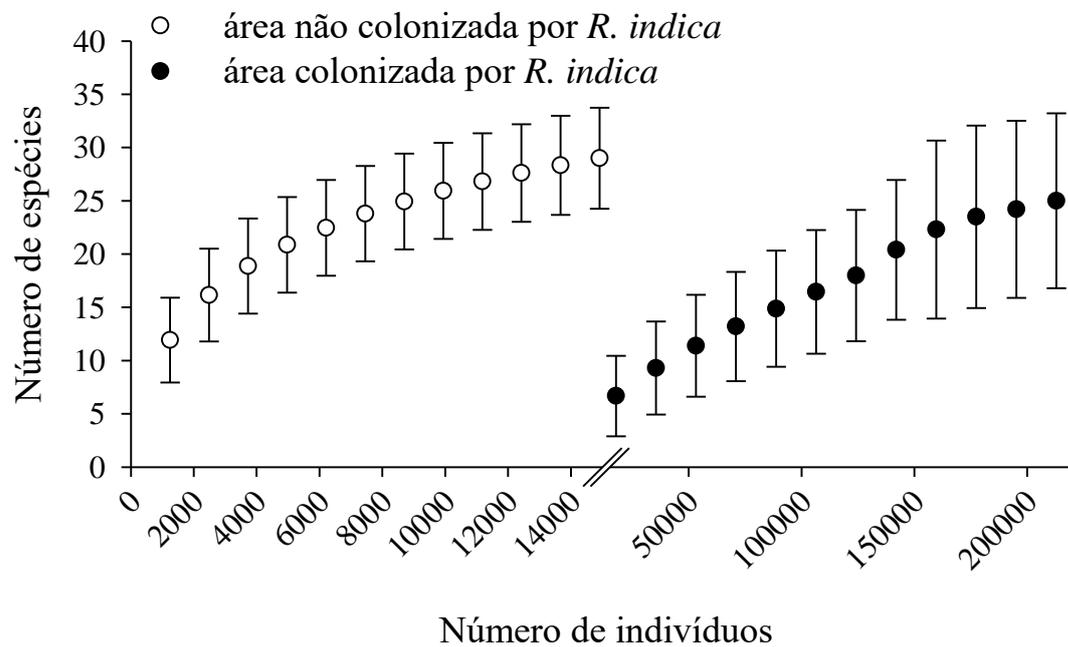


Figura 1. Curva de acumulo de espécies de ácaros coletados em folíolos de coqueiro (*Cocos nucifera*) em duas áreas produtoras de coco, uma colonizada e outra não colonizada pela espécie invasora, *Raoiella indica*, entre novembro de 2015 e outubro de 2016, no estado do Ceará, Brasil.

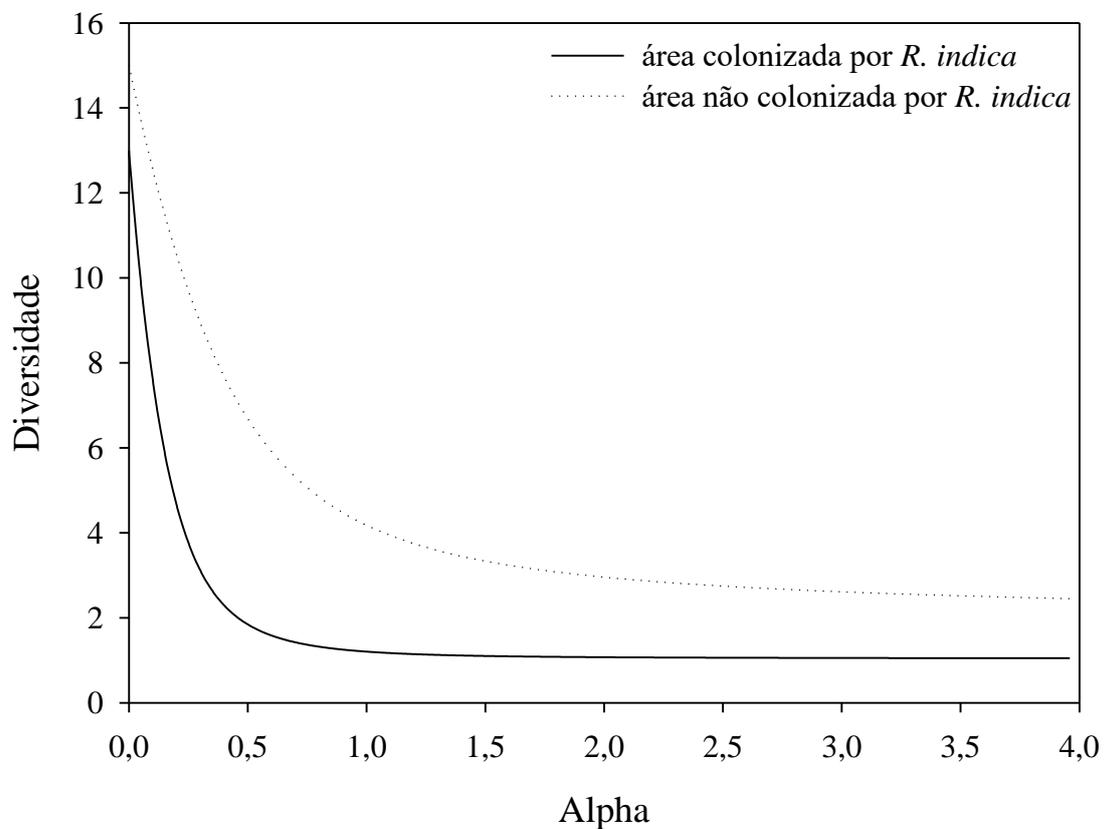


Figura 2. Perfil de diversidade de espécies de ácaros coletados em folíolos de coqueiro (*Cocos nucifera*) em duas áreas produtoras de coco, uma colonizada e outra não colonizada pela espécie invasora, *Raoiella indica*, entre novembro de 2015 e outubro de 2016, no estado do Ceará, Brasil.

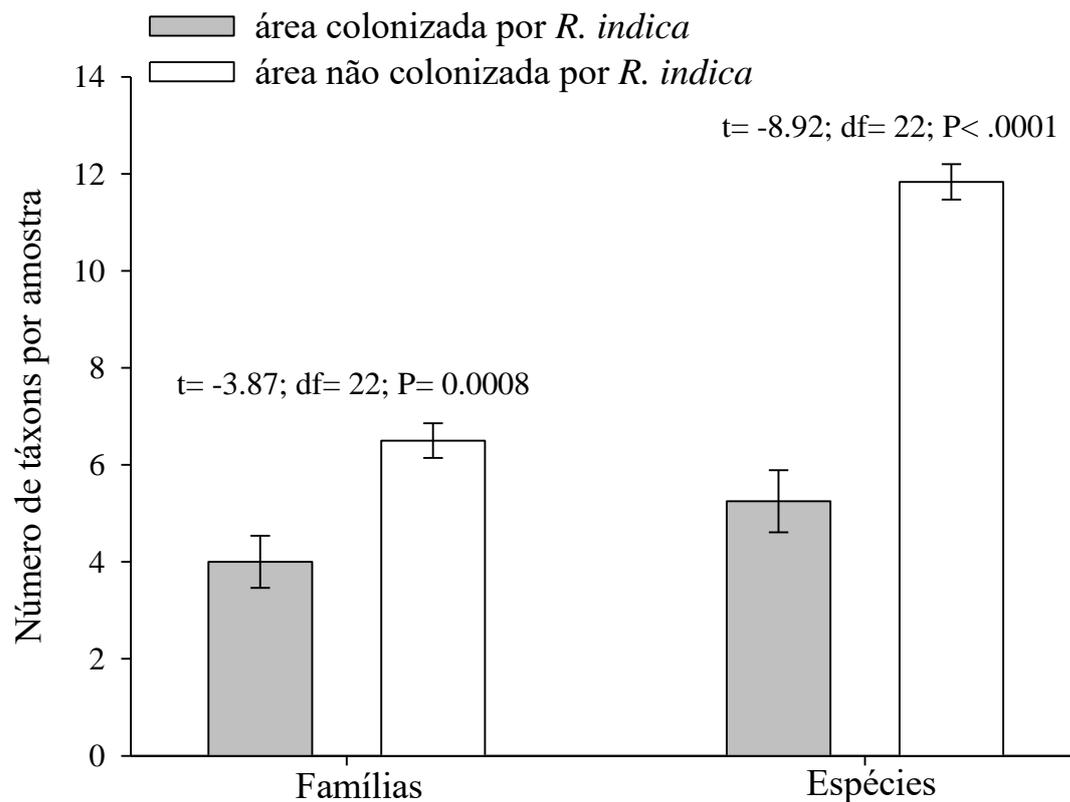


Figura 3. Composição das comunidades de ácaros coletados em folíolos de coqueiro (*Cocos nucifera*) em duas áreas produtoras de coco, colonizada pela espécie invasora (*Raoiella indica*) e não colonizada pela espécie invasora, entre novembro de 2015 e outubro de 2016, no estado do Ceará, Brasil.

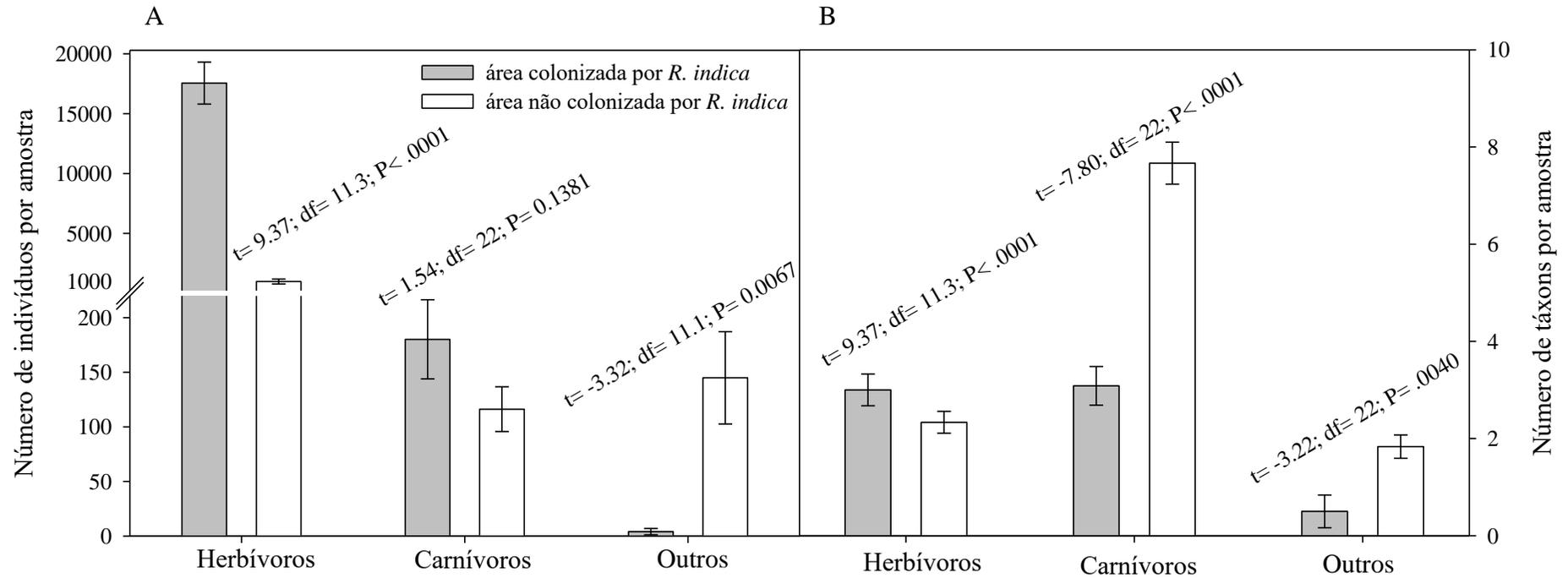


Figura 4. Efeito da espécie invasora, *Raoiella indica*, sobre a abundância (A) e diversidade (B) dos diferentes grupos tróficos de ácaros coletados em folíolos de coqueiro (*Cocos nucifera*).

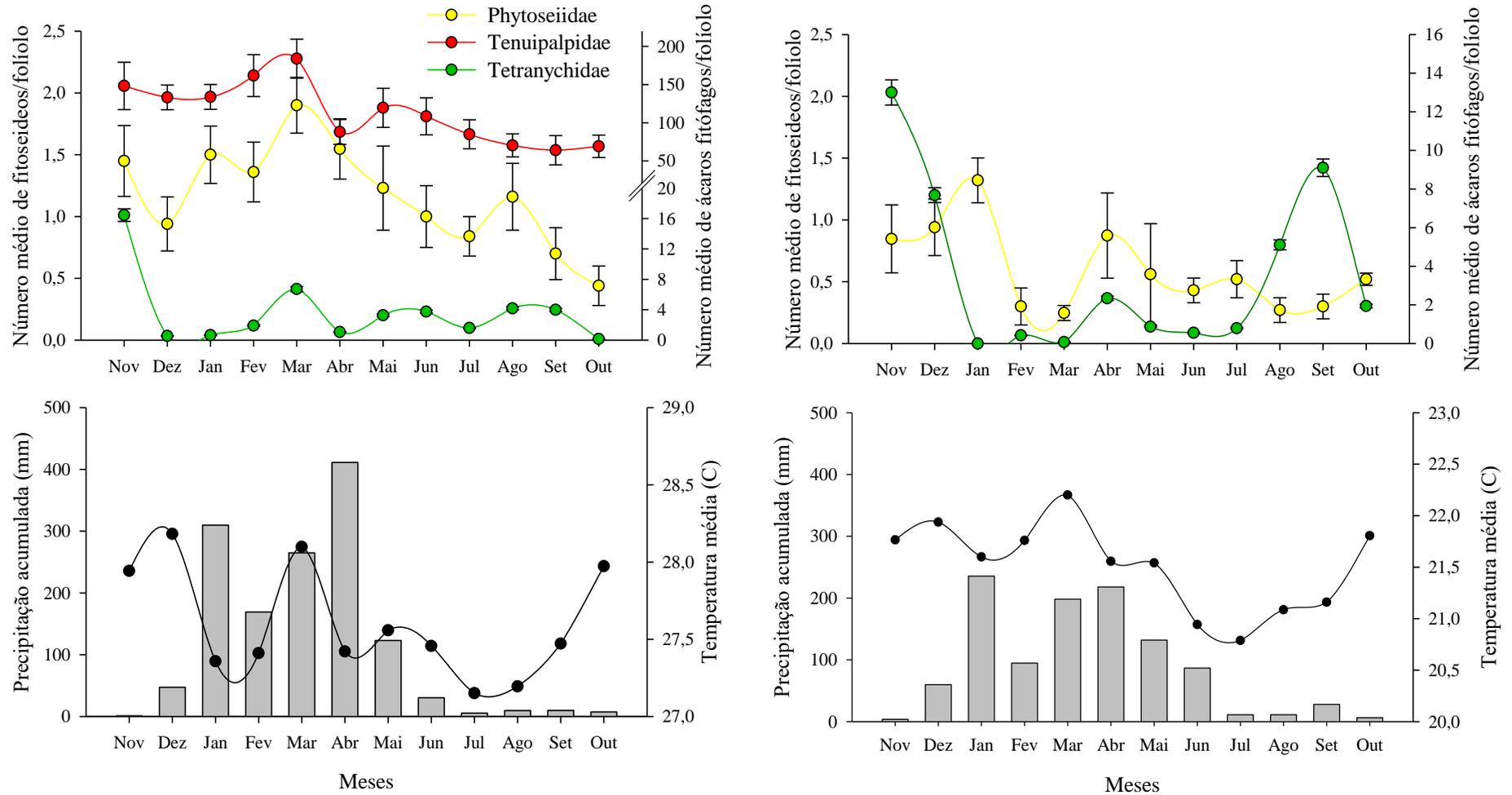


Figura 5. Efeito da espécie invasora, *Raoiella indica*, sobre a dinâmica populacional de ácaros fitoseídeos. Quadros a esquerda representam variáveis coletadas na área colonizada pela espécie invasora enquanto que quadros da direita representam variáveis coletadas na área não colonizada pela espécie invasora.