

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

**Eficiência de ácaros predadores e de *Acmela oleracea* (Asteraceae) no controle do
ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)**

CAROLINE RABELO COELHO

São Luís

2017

CAROLINE RABELO COELHO

Engenheira Agrônoma

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Adenir Vieira Teodoro

São Luís

2017

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Adenir Vieira Teodoro

Aprovada em

Comissão Julgadora:

Dr^o. Adenir Vieira Teodoro – Embrapa Tabuleiros Costeiros

Dr^a. Andréia Serra Galvão – Instituto Federal do Maranhão/IFMA

Dr^a. Shênia Santos Silva – Embrapa Tabuleiros Costeiros

São Luís

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me conduzido até aqui, feito das minhas escolhas a vontade dele e por ter agido lindamente na minha vida.

À minha família, em especial à minha avó, por ter me ensinado os devidos valores e que mesmo à distância se manteve tão presente em minha vida, aos “primos-irmãos”, ao meu melhor amigo e namorado “Dr”, pela presença nos momentos difíceis, paciência diária (que não é pouca rs) e amor. Na mesma linha e não menos importante, Ednaldo por todo o apoio, amizade LEAL e companheirismo de sempre “doceiro” #desdeosnematóides.

Ao Prof.º Dr.º Adenir Vieira Teodoro pela orientação, confiança, disposição em ensinar e paciência. À Andréia Serra Galvão por ter contribuído para a realização deste trabalho, pela coorientação e paciência. Ao Guedes pela motivação diária, confiança e pelos ensinamentos.

Aos meus AGROMIGOS que sempre acreditaram em mim (por vezes mais que eu mesma), me divertiram e proporcionaram momentos únicos: Laine, Uelso, Bruna, Will, Carol, Benjamim, Carminha, Cristiano e Phinio. À minha queridíssima turma de Mestrado 2015AGEM, em especial à Zeliuzinha, por ser minha companhia nesses dias loucos, dividir café, tomates, acerolas, esperar a van e pegar chuva.

Aos queridos e amados amigos da Embrapa- Aracaju, Clézia (que me ensinou só tudo), Adriano (que sempre me ajudou), Danúbia (que cuidou de mim), Shenian (que sempre me salvava), Eliana (que esteve sempre disponível), Flaviana (que transmitia paz e calma), Alex (que me divertia), Amaury (que me aperreava), Ighor (acetonaahaha) e Mariana (pelas dicas).

À Rayane por resolver todos os problemas do mundo e ter sido sempre tão prestativa. À Universidade e todo o corpo docente pelos conhecimentos adquiridos.

Às pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, deixo o meu sincero reconhecimento.

SUMÁRIO

Capítulo 1: Considerações Gerais	9
1. INTRODUÇÃO	10
1.2 Revisão de Literatura.....	11
1.2.1 Coqueiro (<i>Cocos nucifera</i> L).....	11
1.2.2 Ácaro-vermelho-das-palmeiras.....	12
1.2.3 Controle químico.....	13
1.2.4 Controle biológico.....	13
1.2.5 Controle com fitoquímicos.....	14
REFERÊNCIAS	16
2. Capítulo 2: Resposta funcional de <i>Amblyseius tamatavensis</i>, <i>Iphiseiodes zuluagai</i> e <i>Typhlodromus ornatus</i> (Acari: Phytoseiidae) a <i>Raoiella indica</i> (Acari: Tenuipalpidae)	22
Resumo.....	23
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão.....	27
Conclusões.....	30
Agradecimentos.....	31
Referências.....	31
Tabelas.....	35

Figuras.....	37
3. Capítulo 3: Bioatividade do extrato de <i>Acmela oleracea</i> (Asteraceae) a <i>Raoiella indica</i> Hirst (Acari: Tenuipalpidae) e seletividade ao predador <i>Amblyseius tamatavensis</i> Blommers (Acari: Phytoseiidae)	41
Resumo.....	42
Abstract.....	43
Introdução.....	44
Material e métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	50
Agradecimentos.....	52
Referências.....	52
Tabela.....	56
Figuras	57
4. CONCLUSÃO GERAL.....	60

RESUMO

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga que ataca e causa danos a diversas plantas, incluindo o coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Os ácaros predadores fitoseídeos *Amblyseius tamatavensis*, *Iphiseiodes zuluagai*, e *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* são frequentemente encontrados na acarofauna do coqueiro e podem auxiliar no controle de *R. indica* em campo. O extrato de *Acmella oleracea* (Asteraceae) possui bioatividade contra pragas, no entanto, não existem estudos sobre sua toxicidade a ácaros fitófagos e sua compatibilidade com ácaros predadores. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de ácaros predadores e do extrato de *A. oleracea* no controle de *R. indica*. Os três ácaros predadores apresentaram resposta funcional do tipo II, indicando que eles podem auxiliar no controle de *R. indica*, principalmente em baixas densidades. No entanto, *A. tamatavensis* consumiu mais ovos, apresentou o menor tempo de manipulação, e maior variação média no consumo de ovos em comparação com *I. zuluagai* e *T. ornatus*. O extrato de *A. oleracea* foi tóxico a *R. indica* ($CL_{50} = 0,45\text{mg/mL}$; $CL_{80} = 1,34\text{ mg/mL}$), não causando mortalidade no ácaro predador *A. tamatavensis*. A CL_{50} e a CL_{80} do extrato de *A. oleracea*, estimadas para *R. indica*, foram repelentes à praga por até 48 horas depois da aplicação, enquanto que repeliu o predador apenas até 1 hora, na maior concentração. Adicionalmente, a CL_{50} e a CL_{80} do extrato de *A. oleracea* reduziram drasticamente a taxa de crescimento de *R. indica* enquanto que as mesmas concentrações não afetaram a taxa de crescimento do predador. Conclui-se que o predador *A. tamatavensis* é um potencial agente de controle biológico de *R. indica* e que o extrato de *A. oleracea* poderia ser utilizado no manejo dessa praga.

Palavras-chave: *Cocos nucifera*, controle biológico, resposta funcional, fitoquímicos.

ABSTRACT

The red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), is a serious pest that attacks and cause damages to several plants, including coconut (*Cocos nucifera* L.). The phytoseiid predatory mites *Amblyseius tamatavensis*, *Iphiseiodes zuluagai*, and *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* are often found in coconut palms and could help in the control of *R. indica* in the field. Extracts from *Acmella oleracea* (Asteraceae) have bioactivity against pests, however there are no studies on its toxicity to pest mites as well as its compatibility with predatory mites. We aimed at evaluating the efficiency of predatory mites and the extract from *A. oleracea* in controlling the red palm mite *R. indica*. The three predatory mites exhibited a type II functional response, indicating that they can assist in the control of *R. indica*, mainly in low densities of this pest. However, *A. tamatavensis* consumed more eggs, had a lower handling time, a larger mean variation rate in egg consumption in comparison with *I. zuluagai* and *T. ornatus*. The extract of *A. oleracea* was toxic to *R. indica* ($LC_{50} = 0.45\text{mg/mL}$; $LC_{80} = 1.34\text{ mg/mL}$), but did not kill the predatory mite *A. tamatavensis*. The LC_{50} and LC_{80} of the extract from *A. oleracea*, estimated for *R. indica*, were highly repellent to the pest for up to 48 hours after spraying, while repelling the predator only up to 1h in its highest concentration. Also, the LC_{50} and LC_{80} of the extract from *A. oleracea* drastically reduced the growth rate of *R. indica* while the same concentrations did not affect the growth rate of the predator. We conclude that *A. tamatavensis* is a potential biological control agent of *R. indica* and that the extract from *A. oleracea* could be used in the management of this pest.

Key words: *Cocos nucifera*, biological control, phytochemicals, functional response.

CAPÍTULO 1

Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

O coqueiro, *Cocos nucifera* L., é a palmeira de maior importância agrícola do mundo (SIQUEIRA et al. 2002), sendo cultivado em quase todo o litoral brasileiro (ALMEIDA, 2013). No entanto, com os avanços tecnológicos ocorreu um acréscimo nas áreas de produção que permitiu o cultivo em regiões menos favoráveis (TEIXEIRA et al., 2005; MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011). Apesar da expansão da área cultivada, a cocoicultura no Brasil ainda enfrenta grandes entraves, principalmente no que se refere a pragas e doenças (MICHEREFF FILHO et al., 2006). Entre as pragas, o ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), tem sido relatado como uma das principais preocupações da cultura no Brasil nos últimos anos.

O ácaro-vermelho-das-palmeiras foi reportado pela primeira vez no Brasil em 2009, no estado de Roraima (NAVIA et al., 2011), sendo posteriormente encontrado no Amazonas (RODRIGUES e ANTONY, 2011). Essa praga tem se espalhado por outras regiões do Brasil e pelos estados do Nordeste (SOUZA; GONDIM JR e GUZZO, 2016; SILVA, et al., 2016), a principal região produtora de coco no Brasil (IBGE, 2017). Isso preocupa, pois, o ataque de *R. indica* pode acarretar a queda da produção e consequentemente danos econômicos aos produtores.

O controle biológico vem sendo amplamente estudado para o controle de *R. indica* (DOMINGOS et al., 2013; CARRILLO et al., 2012; CARRILLO e PEÑA, 2012; MORAIS et al., 2016). Os ácaros predadores da família Phytoseiidae são importantes na regulação de populações de ácaros fitófagos em diversas culturas (MORAES, 2002). No Brasil, *Amblyseius tamatavensis* e *Iphiseiodes zuluagai* têm sido encontrados em associação com *R. indica* no coqueiro enquanto que *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* também é encontrado forrageando nessa cultura (NÁVIA et al., 2005; REIS et al., 2008). Esses predadores podem auxiliar no controle de *R. indica* em campo.

Associado ao controle biológico, extratos e óleos de plantas com potencial inseticida e acaricida representam uma alternativa ao controle de pragas (MOURÃO et al., 2004). O extrato de jambu (*Acmella oleracea*) tem demonstrado efeito inseticida (MORENO et al., 2011; SHARMA et al., 2012; SIMAS et al., 2013), fungicida (RANI e MURTY, 2005) e acaricida (CASTRO et al., 2014; CRUZ et al., 2016) e pode ser promissor no controle de algumas pragas em campo. No entanto, pouco é conhecido

sobre sua eficiência no controle de ácaros fitófagos e sua compatibilidade a ácaros predadores.

Produtos alternativos que sejam seletivos aos inimigos naturais podem ajudar na redução da população de *R. indica* e na manutenção dos ácaros predadores em campo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de ácaros predadores e do extrato de *A. oleracea* no controle de *R. indica*.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1. O coqueiro (*Cocos nucifera* L.)

O coqueiro, *Cocos nucifera* L. (Arecaceae), originário do Sudoeste Asiático, é a palmeira de maior importância agrícola do mundo (SIQUEIRA et al., 2002), estando disseminada por toda região intertropical presente em cerca de 90 países (CUENCA, 1998). O coqueiro é adaptado a regiões litorâneas, com solos arenosos, climas quentes e úmidos, podendo tolerar curtos períodos de temperaturas abaixo de 21° C (CHAN e ELEVITCH, 2006).

O Brasil é o 4º maior produtor mundial de coco (FAO, 2014), possuindo mais de 250.000 hectares cultivados (IBGE, 2017) em cerca de 220.000 propriedades, 85% das quais com menos de 10 ha (EMBRAPA, 2006). O cultivo do coqueiro é feito em quase todo o litoral, sendo encontrado desde o estado do Pará até o Espírito Santo (ALMEIDA, 2013). Embora existam as variedades Gigante, Anã e Híbrido (FONTES et al., 2003), apenas as duas últimas são comercialmente cultivadas no Brasil. A região Nordeste é responsável por mais de 80% da produção nacional de coco (IBGE, 2017).

No que se refere à importância da cultura em termos sociais e econômicos, a cultura do coco é importante na geração de emprego e renda, pois, emprega-se mão de obra o ano inteiro (CUENCA, 1998). Além do fruto para o consumo “*in natura*”, na indústria e no artesanato, outras partes podem ser aproveitadas, como a casca para a produção de fibras (FONTES e WANDERLEY, 2006).

A demanda por produtos e subprodutos do coqueiro tem aumentado, e com isso, nos últimos anos, ocorreu um aumento das áreas de cultivo de coqueiro, principalmente devido aos avanços tecnológicos e ao manejo dos coqueirais, o que aumentou a

viabilidade da cultura até mesmo em regiões menos favoráveis (TEIXEIRA et al., 2005; MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011).

1.2.2. Ácaro-vermelho-das-palmeiras

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), desde que foi reportado em 2004 na região do Caribe (FLETCHMANN e ETIENE, 2004), espalhou-se rapidamente e vem causando danos econômicos e ecológicos a diversas espécies de plantas (CARRILLO et al., 2012). No Brasil, *R. indica* teve sua presença reportada no estado de Roraima (NAVIA et al., 2011), Manaus (RODRIGUES e ANTONY, 2011), Ceará, Sergipe (SILVA et al., 2016), Alagoas (SOUZA; GONDIM JR e GUZZO, 2016) e mais recentemente em São Paulo (OLIVEIRA et al., 2016), Rio Grande do Norte, e Bahia.

O ácaro-vermelho-das-palmeiras é encontrado principalmente atacando coqueiros e bananeiras, mas também é relatado em densidades variáveis sobre várias outras espécies de palmeiras, helicônias, musáceas, strelitziaceas, pandanáceas e zingiberáceas (REUS e RAMOS, 2010; CARRILO et al., 2012). Essa praga é um parasita obrigatório de plantas e se alimenta por meio da inserção de seu aparelho bucal nos estômatos das plantas hospedeiras (OCHOA et al., 2011), podendo interferir diretamente no processo de fotossíntese e respiração das plantas atacadas (BEARD et al., 2012).

O dano causado pelo ácaro-vermelho-das-palmeiras inicia com pequenas manchas amareladas sobre a superfície abaxial das folhas que em seguida tornam-se cloróticas e de maior tamanho (FLECHTMANN e ETIENNE, 2004). A alimentação contínua desse ácaro produz enrolamento e a seca das pontas dos folíolos, a clorose dos folíolos é seguida da queda das flores e/ou frutos pequenos, finalizando com a morte das plantas em viveiros (HOY; PEÑA e NGUYEN, 2006). As perdas em campo podem chegar a até 70% (PEÑA, 2013). Adicionalmente ao dano direto, a presença de *R. indica* nas áreas de produção dessas plantas hospedeiras pode afetar a exportação desses produtos para outros países e áreas não infestadas, devido a imposição de barreiras fitossanitárias (NAVIA et al., 2011).

A introdução de *R. indica* ocorre por meio da importação de material de propagação vegetativa do coqueiro e de outras palmeiras, isto é, pela ação humana ou por meios naturais de dispersão (MENDONÇA; NAVIA e FLECHTMANN, 2005). O aumento populacional deste ácaro está associado com períodos de baixa umidade relativa do ar, altas temperaturas e baixa pluviosidade (GONDIM JR, et al., 2012; HOY; PEÑA e NGUYEN, 2012; PRABHEENA e RAMANI, 2014). O ácaro-vermelho-das-palmeira encontra nas principais regiões produtoras de coco no Brasil um ambiente ideal para o seu estabelecimento, reprodução e desenvolvimento (AMARO e MORAIS, 2013; NAVIA et al., 2016).

1.2.3. Controle químico

Muitas informações sobre a eficiência do controle químico de *R. indica* foram obtidas de campos de estudos da Índia e do Oriente Médio (SARKAR e SOMCHOUDHURY, 1998; JAYARAJ et al., 1991), no entanto o uso da maioria dos acaricidas avaliados não é mais permitido no Brasil. Mais recentemente, alguns trabalhos têm avaliado a eficiência de acaricidas no controle de *R. indica* com outros ingredientes ativos. De acordo com Assis et al. (2012), abamectina e milbemectina foram mais tóxicos a *R. indica* que fenpiroximato, propargite e espiroclifeno, no entanto, abamectina apresentou maior toxicidade ao ácaro predador *A. largoensis*. Spiromesifen, dicofol e acequinocyl também foram eficientes reduzindo a população de *R. indica* em coqueiros em Porto Rico (RODRIGUES e PEÑA, 2012).

Apesar de eficiente, o controle químico apresenta o inconveniente de ser dispendioso por causa do grande porte das palmeiras cultivadas, além de aumentar os custos de produção (HOY; PEÑA e NGUYEN, 2006), podendo também, elevar os riscos com intoxicação, causar prejuízos ambientais (MORAES et al., 2012) e interferir na população de inimigos naturais. Além disso, no Brasil, não há produtos registrados para o controle de *R. indica* (AGROFIT, 2017).

1.2.4. Controle biológico

O controle biológico pode ser uma alternativa aos agrotóxicos (SARMENTO et al., 2011; MORAES et al., 2012) pois, vem assumindo uma importância cada vez maior

em programas de manejo de pragas (PARRA et al., 2002). Uma das grandes vantagens que ácaros predadores apresentam é a possibilidade de criação massal em laboratório, além da capacidade de manter-se no ambiente mesmo na ausência da presa, pois eles têm a capacidade de explorar fontes alternativas de alimentos como pólen, néctar, exsudados, entre outras (MORAES, 2002).

Ácaros predadores das famílias Bdellidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Eupalopsellidae e Phytoseiidae têm sido encontrados em associação com *R. indica* (MORAES et al., 2012). A família Phytoseiidae é considerada a mais importante do ponto de vista do controle biológico, pois tem mostrado eficiência na regulação de populações de ácaros fitófagos em várias culturas (MCMURTRY e CROFT, 1997).

Entre os fitoseídeos, *Amblyseius largoensis* vem sendo encontrado associado a *R. indica* em vários países (DOMINGOS et al., 2013; CARRILLO et al., 2012; CARRILLO e PEÑA 2012; MORAIS et al. 2016) e até então tem sido considerado o predador mais eficiente. Estudos de resposta funcional e preferência alimentar em relação aos estádios de presa têm demonstrado que *A. largoensis* pode ser um potencial agente de controle biológico de *R. indica*, principalmente em baixas densidades (CARRILLO e PEÑA, 2012). No Brasil, além de *A. largoensis*, outras espécies como *A. tamatavensis* e *Iphiseiodes zuluagai* também são encontrados em associação com *R. indica* (GONDIM JR et al., 2012) enquanto *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* também é encontrado no coqueiro (NÁVIA et al., 2005; REIS et al., 2008). Esses predadores podem contribuir para regulação da população da praga em campo. De acordo com McMurtry e Croft (1997), *A. tamatavensis*, *I. zuluagai* e *T. ornatus* são ácaros predadores generalistas do tipo III, que além de se alimentarem de ácaros fitófagos e de pequenos artrópodes, também se alimentam de pólen e substâncias açucaradas. Vários agentes de controle biológico são generalistas, pois conseguem se manter em densidades populacionais relativamente altas quando a presa principal está ausente ou escassa (WEI e WALDE, 1997).

1.2.5. Controle com fitoquímicos

Os bioinseticidas vegetais são, geralmente, menos danosos que os defensivos químicos convencionais, pois apresentam menor espectro de ação, podem ser utilizados

em menores dosagens, são biodegradáveis e pouco tóxicos ao homem e ao meio ambiente (SARAF e DIXIT, 2002; ISMAN, 2008) podendo ser facilmente processados por produtores e usados em pequenas propriedades (BELMAIN et al., 2001). Adicionalmente à eficiência no controle de pragas, novos compostos bioativos podem fornecer seletividade a espécies não-alvo, principalmente a predadores (MORENO et al., 2011).

O jambu (*Acmella oleracea* L.) é uma planta herbácea perene (HONÓRIO et al., 2011), originária da América do Sul e muito comum em todo o sudoeste asiático (ZELIOLI et al., 2015). No Brasil, o jambu é muito utilizado na culinária paraense e na medicina, como anestésico e estimulador de apetite (DI STASI et al., 2002; LORENZI e MATOS, 2008). *A. oleracea* tem várias sinônimas, tais como *Spilanthes oleracea* L. e *Spilanthes oleracea* Jack (SIMAS et al., 2013).

Estudos fitoquímicos de *A. oleracea* revelaram a presença de flavonoides (LORENZI e MATOS, 2002), saponinas, espilantina, colina, triterpenoides (DI STASI et al., 2002) e uma alcanida alifática conhecida por espilantol, componente majoritário presente em óleos e extratos dessa planta (MORENO et al., 2011; SIMAS, et al., 2013; CASTRO et al., 2014). As alcanidas alifáticas têm demonstrado eficácia como compostos medicinais e aromatizantes e constituem um grupo de metabólitos que vem despertando interesse da indústria química (TORRES e CHAVEZ, 2001).

A bioatividade de extrato da inflorescência de *A. oleracea* vem sendo estudada e tem demonstrado efeito inseticida (MORENO et al., 2011; SHARMA et al., 2012; SIMAS et al., 2013), fungicida (RANI e MURTY, 2005) e acaricida (CASTRO et al., 2014; CRUZ et al., 2016).

REFERÊNCIAS

AGROFIT- Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
Acesso em: 10 jan. 2017.

ALMEIDA, E.H.N. **Acarofauna do coqueiro (*Cocos nucifera* L), dinâmica populacional do ácaro-da-necrose (*Aceria guerreronis* Keifer) no agreste de Alagoas e testes de predação.** 2013. 76p. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas), Universidade Federal de Alagoas, Alagoas. 2013.

AMARO, G.; MORAIS E.G. Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p.342-355. 2013.

ASSIS, C.P.O.; MORAIS, E.G.F.; GONDIM JR, M.G.C. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p.357-365. 2012.

BEARD, J.J.; OCHOA, R.; BUCHAN, G.R.; WELBOURN, W.C.; POOLEY, C.; DOWLING, A.P.G. External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoidae): *Raoiella* a case study. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.227-255. 2012.

BELMAIN, S.R.; NEAL, G.E.; RAY, D.E.; GOLOP, P. Insecticidal and vertebrate toxicity associated with ethnobotanicals used as post-harvest protectants in Ghana. **Food and Chemical Toxicology**, v. 39, p.287-291. 2001.

CARRILLO, D. PEÑA, J.E.; HOY, M.A.; HOWARD, F.J. Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and others microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. **Experimental and Applied Acarology**, v. 52, p.119-129. 2010.

CARRILLO, D.; PEÑA, J.E. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 361-372. 2012.

CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA, A.; DUNCAN, R.E.; PEÑA, J.E. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.271-289. 2012.

CASTRO, K.N.C.; LIMA, D.F.; VASCONCELOS, L.C.; LEITE, J.R.S.A.; SANTOS, R.C.; PAZ NETO, A.A.; COSTA JR, L.M. Acaricide activity *in vitro* of *Acmella oleracea* against *Rhicephalus micropilus*. **Parasitology Research**, v. 110, p.3697-3701. 2014.

CHAN, E.; ELEVITCH, C.R. *Cocos nucifera* (coconut), In: Elevitch CR (ed.) **Species profiles for Pacific Island agroforestry, permanent agriculture resources (PAR)**, Holualoa, p.1-27. 2006.

CRUZ, P.B.; BARBOSA, P.F.; ZERINGOTA, V.; MELO, D.; NOVATO, T.; FIDELIS, Q.C; CARVALHO, M.G.; SABAA-SRUR, A.U.O.; DAEMON, E.; MONTEIRO, C.M.O. Acaricidal activity of methanol extract of *Acmella oleracea* L. (Asteraceae) and spilanthol on *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) and *Dermacentor nitens* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 228, p.137-143. 2016.

CUENCA, M.A.G. Importância econômica do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2.ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.17-56. 1998.

DI STASI, L.C. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. São Paulo. p. 472 -483. 2002.

DOMINGOS, C.A.; OLIVEIRA, O.L.; MORAIS, E.G.F.; NAVIA, D.; MORAES, G.J.; GONDIM JR, M.G.C. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p.83-93. 2013.

EMBRAPA, **Cultivo do coqueiro em Rondônia**. 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/CultivodoCoqueiroRO/>>. Acesso em: 03 Jan. 2017.

FAO 2014. **World production**. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acesso em: 24, Jan. 2017.

FLECHTMANN, C.H.W.; ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Systematics and Applied Acarology**, v. 9, p.109-110. 2004.

FONTES, H. R.; RIBEIRO, F. E.; FERNANDES, M. F. **Coco, produção: aspectos técnicos**. Brasília, Embrapa informação tecnológica. 106p. (Embrapa Informação Tecnológica). 2003.

FONTES, H.R.; WANDERLEY, M. **Situação atual e perspectiva para a cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 16p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros, Documentos 94). 2006.

GONDIM JR, M.G.; CASTRO, T.M.N.; MASSARO JR, A.L.; NAVIA, D.; MELO, J.W.S.; DEMITE, P.R.; MORAES, G.J. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? **Systematics and Biodiversity**, v. 10, p.527-535. 2012.

- HONÓRIO, I.C.G.; PINTO, V.B.; GOMES, J.A.O.; MARTINS, E.R. Influência de diferentes substratos na germinação de jambu (*Spilanthes oleraceae* L.- Asteraceae). **Revista Biotemas**, v. 24, p.22-25. 2011.
- HOY, M.A.; PEÑA, J.E.; NGUYEN, R.U. Red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). University of Florida. EENY-397. 2006
- ISMAN, M. B. Perspective botanical insecticides: for richer, for poorer. **Pest Management Science**, v. 64, p.8-11. 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 Jan de 2017.
- JAYARAJ, J.; NATARAJAN, K.; RAMASUBRAMANIAN G.V. Control of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconut with pesticides. **Indian Coconut Journal**, v. 22, p.7-9. 1991.
- LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto plantarum de estudos da Flora LTDA. 512p. 2002.
- MARTINS, C. B.; JESUS JUNIOR, L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional- Panorama 2010**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros. 32p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 164). 2011.
- MCMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, v. 42, p.291-321. 1997.
- MENDONÇA, R.S.; NAVIA, D.; FLECHMANN, C.H.W. *Raoiella indica* Hirst (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae), **o ácaro vermelho das palmeiras: uma ameaça para as Américas**. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 37p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Documentos, 146). 2005.
- MICHEREFF FILHO, M.; SOBRAL, L. F.; MICHEREFF, M. F. F.; FERREIRA, J. M. S.; RODRIGUES, A. R. S.; SILVA, J. **Adubação química e ataque do ácaro *Aceria guerreronis* em frutos do coqueiro anão-verde**. Brasília. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 135). 2006.
- MOLINA TORRES, J.; SALGADO-GARCIGLIA, R.; RAMIREZ-CHANEZ, E.; DELRIO, R.E. Purely olenific alkamides in *Heliopsis longipes* and *Acmella (Spilanthes) oppositifolia*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 24, p.27-43. 1996.
- MORAES, G. J. Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In: PARRA J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S (eds.). Controle biológico: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, v. 4, p.225-237. 2002.

- MORAES, G.J.; CASTRO, T.M.M.G.; KREITER, S.; QUILICI, S.; GONDIM JR, M.G.; DE SÁ, L.A.N. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). **Acarology**, v. 52, p.129-134. 2012.
- MORAES, J. G.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de Acarologia** – Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 308p. 2008.
- MORAIS, E.G.F.; OLIVEIRA, J.P.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.M. *Amblyseius largoensis* in controlling red palm mite under semi-field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p.671-675. 2016.
- MORENO, S.C.; CARVALHO, G.A.; PICANÇO, M.C.; MORAIS, E.G.; PEREIRA, R.M. Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and selectivity to two non-target species. **Pest Management Science**, v. 68, p.386-93. 2012.
- MOURÃO, S.A.; ZANUNCIO, J.C.; PALLINI FILHO, A. GUEDES, R.N.C; CAMARGOS, A.B. Toxicidade de extratos de nim (*Azadirachta indica*) ao ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p.827-830. 2004.
- NAVIA, D.; HAMADA, E.; GONDIM JR, M.G.C.; BENITO, N.P. Spatial forecasting of red palm mite in Brazil under current and future climate change scenarios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p.586-598. 2016.
- NAVIA, D.; MORAES, G.J.; LOFEGO, A.C.; FLECHTMANN CHW. Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. **Neotropical Entomology**, v. 34, p.349-354. 2005.
- NAVIA, D.; MARSARO JR, A.L.; DA SILVA, F.R.; GONDIM JR, M.G.C.; DE MORAES, G.J. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 40, p.409-411. 2011.
- PARRA, J.R. P.; BOTELHO, P.S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 609 p. 2002.
- PEÑA, J.E. Potential invasive pests of agricultural crops. Wallingford: CAB International. (CABI invasives series, 1). DOI:10.1079/9781845938291.0000. 464p. 2013.
- PEÑA, J.E.; RODRIGUES, J.C.; RODA, A.; CARRILLO, D.; ORBORNE, L. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. Proceedings of the 2nd Meeting of IOBC/WPRS, Work Group Integrated Control of Plant Feeding Mites. Florence, Italy, 69 – 79. 2009

- PRABHEENA, P.; RAMANI, N. Distribution pattern and injurious status of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpidae) on Arecanut Palms. **International Journal Scientific Research Public**, v. 4, p.1-5. 2014.
- OCHOA, R.; BEARD, J.J.; BAUCHAN, G.R.; KANE, E.C.; DOWLING, A.P.G.; ERBE, E.F. Herbivore exploit chikin armor of host. **American Entomology**, v. 57, p.26-30. 2011.
- OLIVEIRA, D.C.; RADO, E.P.; MORAES, J.G.; MORAIS, E.G.F.; CHAGAS, E.A.; GONDIM JR M.G.C. NAVIA, D. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in southeastern Brazil. **Florida Entomology**, v. 99, p.123-125. 2016.
- RANI, A.S.; MURTY, S.U. Evaluation of antimicrobial activity of *Spilanthus acmella* flower head extract. **Journal Natural Remedies**, v. 5, p.170-171. 2005.
- REIS, A.C.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES DE, G.J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P.; LAWSON-BALAGBO, L.E.; BARROS, R. Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 37, p.457-462. 2008.
- REUS, M.G.; RAMOS, M. Plantas hospedantes de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en el Municipio de Santiago de Cuba. **Revista de Protección Vegetal**, v. 25, p.5-6. 2010.
- RODRIGUES, J.C.V.; IRISH, B.M. Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.309-316. 2012.
- RODRIGUES, J.C.V.; PEÑA, J.E. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.317-329. 2012.
- RODRIGUES, J.C.V.; ANTONY, L.M.K. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. **Florida Entomology**, v. 4, p.1073-1074. 2011.
- SARKAR, P.K.; SOMCHOUDHURY, A.K. Evaluation of some pesticides against *Raoiella indica* Hirst on coconut palm in West Bengal. **Pesticides**, v. 22, p.21-22. 1988.
- SARAF, D.K.; DIXIT, V.K. *Spilanthus acmella* Murr.: Study on its extract spilanthol as larvicidal compound. **Asian Journal Experimental and Science**, v. 16, p.9-19. 2002.
- SIMAS, N.K.; DELLAMORA, E.C.L.; SCHRIPSEMA, J.; LGE, C.L.S.; OLIVEIRA FILHO, A.M.; WESSJOHANN, L.; PORZEL, A.; KUSTER, R.M. Acetylenic 2-phenylethylamides and new isobutylamides from *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen, a Brazilian spice with larvicidal activity on *Aedes aegypti*. **Phytochemistry Letters**, v. 6, p.67-72. 2013.

SIQUEIRA, L.A., ARAGÃO, W.M.; TUPINAMBÁ, E.A.W.M. A introdução do coqueiro no Brasil, importância histórica e agrônômica. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 24p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros, Documentos, 47). 2002.

SHARMA, V.; BOONEN, J.; CHAUHAN, N.S.; THAKUR, M.; SPIEGELEER, B.; DIXIT, V.K. *Spilanthes acmella* ethanolic flower extract: LC–MS alkylamide profiling and its effects on sexual behavior in male rats. **Phytomedicine**, v. 18, p.1161-1168. 2014.

SILVA, S.S.; SANTOS, P.M.; SANTOS, M.C.; VIEIRA, I.G.; SARAIVA, SARAIVA, V.W.; FARIAS, A.P.; SILVA, E.A.; PEDRO NETO, M.; TEODORO, A.V. Primeiro registro do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* em Sergipe e seu controle com óleos brutos vegetais. XXVI Congresso Brasileiro de Entomologia. Maceió/ AL. 15 a 17 de Março de 2016.

SOUZA, I.V.; GOMDIM JR, M.G.C.; GUZZO, E.C. Primeiro registro do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no estado de Alagoas, Brasil. XXVI Congresso Brasileiro de Entomologia. Maceió/ AL. 15 a 17 de Março de 2016.

TEIXEIRA, L.A.J.; BATAGLIA, O.C.; BUZETTI, S.; FURLANI JUNIOR, E.; ISEPON, J.S. Adubação com NPK em coqueiro-anão-verde (*Cocos nucifera* L.) rendimento e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p.120-123. 2005.

TORRES, J.M.; CHAVEZ, A.G. Alcamidas en plantas: distribución e importancia. **Avance y Perspectiva**, v. 20, p.377-387. 2001.

WEI, Q.; WALDE, S.J. The functional response of *Typhodromus pyri* to its prey, *Panonychus ulmi*: the effect of pollen. **Experimental and Applied Acarology**, v. 21, p.677-684. 1997.

ZELIOLI, I. A. M.; FREITAS, V. S.; RODRIGUES, R.A.F.; CABRAL, F. A. Extração supercrítica de espilantol em leite fixo a partir de Jambu (*Acmella oleracea* (J.) R.K. Jansen)", p. 1884-1889. In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, v. 1, n.3. ISSN Impresso: 2446-8711. São Paulo: Blucher, 2015.

CAPÍTULO 2

Resposta funcional e numérica de *Amblyseius tamatavensis*, *Iphiseiodes zuluagai* e *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae) a *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “*Pesquisa Agropecuária Brasileira*”

Resumo – O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga altamente invasiva que pode causar danos econômicos e ecológicos a diversas espécies de plantas, entre elas o coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Os ácaros fitoseídeos *Amblyseius tamatavensis* Blommers, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma e *Typhlodromus* (*Anthoseius*) *ornatus* Denmark e Muma têm sido encontrados em plantas de coqueiro, no entanto pouco se sabe sobre sua importância no controle biológico natural de *R. indica*. A eficiência dos três predadores foi avaliada com base em sua resposta funcional e numérica a densidades crescentes de ovos de *R. indica*. Os três ácaros predadores apresentaram resposta funcional do tipo II, indicando que eles podem auxiliar no controle de *R. indica*, principalmente em baixas densidades. No entanto, *A. tamatavensis* consumiu mais ovos, apresentou menor tempo de manipulação, e maior variação média no consumo de ovos, demonstrando ser o mais eficiente dos três predadores.

Palavras-chave: ácaro-vermelho-das-palmeiras, controle biológico, fitoseídeos, predação, resposta numérica.

Functional and numeric response of *Amblyseius tamatavensis*, *Iphiseiodes zuluagai* and *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)

Abstract – The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), is a serious invasive pest which can cause economic and ecological damage to several plants species, among which coconut (*Cocos nucifera* L.). The phytoseiid mites *Amblyseius tamatavensis* Blommers, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma and *Typhlodromus* (*Anthoseius*) *ornatus* Denmark e Muma have been found in coconut palms, however little is known about their importance in the natural biological control of *R. indica*. The efficiency of the three predatory mites was evaluated based on their functional e numerical responses to increasing densities of *R. indica* eggs. The three predatory mites exhibited a type II functional response, indicating that they can assist in the control of *R. indica*, especially in low densities of this pest. However, *A. tamatavensis* consumed more eggs, had a lower handling time, and a larger mean variation rate in egg consumption, proving to be the most efficient of the three predatory mites.

Key words: red palm mite, biological control, phytoseiids, predation, numerical response.

Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hisrt (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga invasiva e com alto potencial de dispersão (Downling et al., 2012) e estabelecimento (Morais et al., 2016). Esse ácaro pode alcançar altas densidades populacionais (Carrillo et al., 2012) e causar danos econômicos a plantas ornamentais, à bananeira e a diversas palmeiras, principalmente o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Reus e Ramos, 2010; Carrillo et al., 2012; Moraes et al., 2012), causando perdas de até 70% em plantios comerciais (Peña, 2013). No Brasil, o ácaro-vermelho-das-palmeiras foi reportado a primeira vez na região norte do país, no estado de Roraima (Navia et al., 2011) e posteriormente no Amazonas (Rodrigues e Antony, 2011), no entanto, mais recentemente foi encontrado em estados das regiões Sudeste (Oliveira et al., 2016) e Nordeste, principal região produtora de coco no país (IBGE, 2017). O avanço dessa praga no país vem gerando grande preocupação devido aos possíveis prejuízos econômicos, haja vista que o Brasil é o 4º maior produtor mundial (FAO, 2014).

Para reduzir os problemas associados com a infestação de *R. indica* em áreas de produção, métodos de controle como a resistência de plantas (Rodrigues e Irish, 2012), controle biológico (Peña et al., 2009; Rodriguez et al., 2010; Carrillo e Peña, 2012) e o controle químico (Rodrigues e Peña, 2012; Assis et al., 2012) têm sido investigados. Ressalta-se que no Brasil, não existem produtos registrados para controlar esta praga (AGROFIT, 2017).

Com relação ao controle biológico, estudos vêm sendo conduzidos com o objetivo de identificar e avaliar o potencial de predadores nativos no controle de *R. indica* (Carrillo e Peña, 2012; Carrillo et al., 2012; Moraes et al., 2012; Gondim Jr et al., 2012; Morais et al. 2016). Dentre os ácaros predadores, os fitoseídeos são os mais importantes associados a *R. indica* (Taylor et al., 2012; Moraes et al., 2012; Gondim Jr et al., 2012). *Amblyseius largoensis* Muma vem sendo encontrado em associação com

R. indica em cultivos de coqueiro em diversos países (Domingos et al., 2013; Carrillo et al., 2012; Carrillo e Peña, 2012; Morais et al., 2016). No Brasil, *Amblyseius tamatavensis* Blommers e *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma também são encontrados em associação com *R. indica* (Gondim Jr et al., 2012) enquanto *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* Denmark e Muma é encontrado frequentemente em plantas de coqueiro (Návia et al., 2005; Reis et al., 2008). Portanto, esses ácaros predadores podem atuar como agentes de controle biológico desta praga em campo.

Um dos mais importantes métodos para avaliar a eficiência de inimigos naturais na regulação de populações de pragas é o estudo da sua resposta funcional e numérica (Houck e Strauss, 1985). A resposta funcional avalia a taxa de predação em função do aumento da densidade de presas (Holling, 1959), enquanto que a resposta numérica avalia a mudança na densidade populacional do predador em resposta às mudanças nas densidades de presas (Solomon, 1949), ambas fornecem parâmetros que auxiliam na avaliação do potencial de predadores como agentes de controle biológico (Wiedenmann e Smith, 1997; Kasap e Atlihan, 2011). Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de predação e a resposta numérica de *A. tamatavensis*, *I. zuluagai* e *T. ornatus* em diferentes densidades de ovos de *R. indica*.

Material e Métodos

Obtenção e estabelecimento de criações de ácaros predadores

As colônias de *I. zuluagai* foram iniciadas a partir de indivíduos coletados de folíolos de plantios comerciais de coqueiro, no município de Neópolis - SE (10°19' S, 36°34' O). A criação de *T. ornatus* foi estabelecida com indivíduos oriundos de frutos de coqueiro da Fazenda Escola São Luís, localizada no campus da Universidade Estadual do Maranhão em São Luís – MA (02° 35'03,46" S, 44° 12'32,14" O), enquanto que a colônia inicial de *A. tamatavensis* foi iniciada com indivíduos coletados de folíolos de coqueiro na Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE (10°57'03,3"S, 37°03'07,4"O). As colônias dos ácaros predadores foram mantidas em laboratório (temperatura de 27,0 ± 3,0°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotoperíodo natural).

Os ácaros predadores foram mantidos em arenas confeccionadas com pedaços de pvc preto (23cm de comprimento x 4cm de largura) sobre uma espuma de poliuretano

(24cm de comprimento x 5cm por largura x 0,33cm de espessura), circundado por uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada, e posteriormente colocadas em uma bandeja plástica saturada com água destilada. Fios de algodão recobertos com uma lamínula (18 x 18mm) foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. Os ácaros foram alimentados com pólen de mamona (*Ricinus communis* L.), *R. indica* (todas as fases do desenvolvimento) e mel a 10%, os quais foram repostos ou trocados a cada dois dias.

Resposta funcional e numérica

O experimento foi conduzido em condições padronizadas de temperatura ($27,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotoperíodo (12h). As arenas foram confeccionadas com discos de pvc (6cm de diâmetro) sobre uma espuma de poliuretano (6cm de diâmetro por 0,33cm de profundidade) saturada com água destilada dentro de um recipiente plástico (6,2cm de diâmetro x 5cm de profundidade) com tampa contendo uma abertura (1,4 x 1,4cm). Uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada foi adicionada ao redor do disco de pvc para evitar a fuga do ácaro predador.

Os experimentos foram realizados separadamente para cada predador (*A. tamatavensis*, *I. zuluagai*, e *T. ornatus*). Para cada arena, foram transferidos 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 80 ovos de *R. indica* em pedaços de folíolo com aproximadamente 1cm^2 e em seguida foi colocada uma fêmea adulta do predador (8 – 10 dias de idade). Os ovos oferecidos aos predadores (1 a 3 dias) foram provenientes de folíolos de coqueiro não pulverizados. Foram realizadas 14 repetições para cada densidade de ovos de *R. indica*. As avaliações de número de ovos consumidos e oviposição de cada predador foram feitas a cada 24 horas durante 2 dias com reposição de presas ao final do primeiro dia. Dados de oviposição do primeiro dia foram excluídos para minimizar o efeito de dietas anteriores (Carrillo e Peña, 2012).

Análises estatísticas

O tipo da curva de resposta funcional foi determinado por meio de regressão logística da proporção de presas consumidas em função da densidade de presas oferecidas de acordo com o protocolo de Juliano (1993), usando o Proc CATMOD do programa SAS (SAS Institute 2002). O sinal do termo linear da equação gerada a partir da proporção de presas consumidas em relação à densidade original de presas foi

utilizado para determinar o tipo de resposta funcional (Holling, 1959). O termo linear quando não significativo indica resposta funcional tipo I, quando negativo indica resposta funcional tipo II e quando positivo resposta funcional tipo III. Na segunda etapa, os parâmetros taxa de ataque (a') e o tempo de manipulação da presa (Th) foram estimados por regressão não linear empregando o método dos quadrados mínimos (PROC NLIN do SAS) de acordo com Juliano (1993).

A taxa de oviposição dos ácaros predadores em função da densidade de ovos de *R. indica* no segundo dia foi analisada por meio de análise de regressão do número de ovos em função da densidade de presas oferecidas, utilizando o Proc REG do programa SAS (SAS Institute 2002).

O pico de consumo foi calculado para cada tratamento baseado na recíproca de Th ($\frac{1}{Th}$) e comparado baseado no intervalo de confiança. A variação média no consumo de presas para cada predador em cada densidade foi calculada de acordo com a equação de Poletti et al., (2007): $\Delta Na = \frac{Na_{Nmax} - Na_{Nmin}}{Nmax - Nmin}$, onde Na_{Nmin} e Na_{Nmax} são o número mínimo e máximo de presas consumidas pelo predador, respectivamente, e N_{min} e N_{max} correspondem às densidades mínimas e máximas. Os dados de variação no consumo foram analisados usando ANOVA, e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002).

Resultados e Discussão

Resposta funcional

O coeficiente linear foi negativo e significativo para os três predadores indicando uma resposta funcional do tipo II (Tabela 1), na qual há um aumento no consumo em função de uma maior disponibilidade de presas até uma determinada densidade, atingindo uma estabilidade e a intensidade do ataque diminui (Holling, 1959), o que pode estar associado à saciedade do predador.

A resposta funcional do tipo II também foi observada para outros ácaros fitoseídeos como *Typhlodromus pyri* Scheuten predando protoninfas e deutoninfas de *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) (Wei e Walde, 1997), *Euseius alatus* DeLeon predando larvas e ninfas de *Brevipalpus phoenicis* Geijkes (Acari: Tenuipalpidae) (Reis et al., 2003), *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot,

Galendromus occidentalis Nesbitt e *Neoseiulus californicus* McGregor predando imaturos móveis de *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae) (Xiao e Fadamiro, 2010). *A. largoensis*, que é o predador mais estudado no controle de *R. indica* em vários países (Carrillo et al., 2010; Rodriguez et al., 2010; Carrillo e Peña, 2012; Morais et al., 2016) também apresentou resposta funcional do tipo II a ovos de *R. indica* (Carrillo e Peña, 2012).

A. tamatavensis, *I. zuluagai* e *T. ornatus* são ácaros predadores generalistas do tipo III, que além de se alimentarem de ácaros fitófagos e de pequenos artrópodes, também se alimentam de pólen e substâncias açucaradas (McMurtry e Croft, 1997), o que pode aumentar sua sobrevivência quando a densidade da praga em campo for baixa. As populações de predadores generalistas são mais estáveis em agroecossistemas, pois tendem a se dispersarem menos para novos locais, possivelmente pela sua habilidade de utilizar vários recursos alimentares (McMurtry, 1992).

As curvas de consumo foram similares entre os predadores variando apenas na quantidade média de ovos predados (Figura 1). Para *A. tamatavensis*, inicialmente, a curva aumentou quase que linearmente com a densidade de presas, até atingir o máximo de consumo na densidade de 80 ovos de *R. indica*. Para os demais predadores, o consumo também aumentou com a densidade de presas, até o ponto de saturação nas densidades 50 (*I. zuluagai*) e 80 (*T. ornatus*) ovos de *R. indica*. Portanto, *A. tamatavensis* foi o mais eficiente, consumindo na maior densidade cerca de 1,5 a 2 vezes mais ovos que *I. zuluagai* e *T. ornatus*, respectivamente. Os resultados obtidos no consumo médio de ovos de *R. indica* dos três fitoseídeos podem ser explicados, também pela diferença no tamanho do predador em relação à presa (Sandness e McMurtry, 1970), haja vista que *A. tamatavensis* e *I. zuluagai* apresentam maior tamanho em comparação a *T. ornatus*. Adicionalmente, *A. tamatavensis* e *I. zuluagai* são mais ativos que *T. ornatus*, um comportamento que pode aumentar a probabilidade de encontrar a presa (Xiao e Fadamiro, 2010), além de aumentar o gasto energético dos predadores fazendo com que consumam mais ovos.

Em baixas densidades (até 30 ovos/dia) foram consumidas cerca de 100% das presas por *A. tamatavensis* enquanto *T. ornatus* consumiu a mesma proporção apenas nas densidades 5 e 10 e *I. zuluagai* apenas na menor densidade (Figura 2), provavelmente pela dificuldade desse predador em encontrar a presa em baixas

densidades (Reis et al., 2008). Na maior densidade, *A. tamatavensis* predou 58% das presas enquanto *I. zuluagai* e *T. ornatus* predaram apenas 26% e 32%, respectivamente. A proporção de presas consumidas por *A. tamatavensis* em baixas densidades foi similar ao observado para *A. largoensis* quando a proporção de ovos de *R. indica* consumidos até a densidade 30 também foi 1 (Carrillo e Peña, 2012), demonstrando que *A. tamatavensis* pode ser tão eficiente quanto *A. largoensis* no controle de *R. indica*.

A taxa de ataque (a') não variou entre os predadores (Tabela 2). De fato, ovos de *R. indica* podem ser considerados presas facilmente acessíveis para ácaros predadores, visto que a duração dessa fase é de aproximadamente 9 dias, a mais longa dentre os estádios dessa praga (Nageshachandra e Chanabasavana, 1984). *A. tamatavensis* apresentou menor tempo de manipulação de ovos de *R. indica* em comparação com *I. zuluagai* e *T. ornatus* (Tabela 2). Segundo Holling (1959), o tempo de manipulação inclui o tempo necessário para o predador identificar, capturar, atacar e consumir presas. Um tempo de manipulação (Th) alto pode sugerir que o predador passa mais tempo com uma presa, levando mais tempo em encontrar e consumir outra (Lima et al., 2015). Portanto, *A. tamatavensis* leva menos tempo para consumir ovos de *R. indica*, tendo mais tempo para atacar e capturar outras presas. O pico de consumo ($\frac{1}{Th}$) foi maior para *A. tamatavensis* em comparação com *T. ornatus* e *I. zuluagai*, ou seja, *A. tamatavensis* consumiu mais presas/hora que os outros predadores (Tabela 2).

Uma alta variação (ΔNa) no consumo de ovos de *R. indica* por *A. tamatavensis* foi observada ($F_{2,36}=66.36$, $P<0.001$) (Figura 3), provavelmente pela elevada capacidade de predação de *A. tamatavensis* a ovos de *R. indica* em comparação com *I. zuluagai* e *T. ornatus*. Houve uma relação negativa entre ΔNa e o Th , pois quanto menor o tempo de manipulação, maior a variação no consumo de ovos.

A oviposição de fêmeas de *A. tamatavensis* aumentou com a densidade de ovos, atingindo um pico na densidade de 50 ovos de *R. indica* ($P<0,05$; $R^2=0,98$; $Y=-0.33149+0.008510x-0.00081997x^2$). Para *T. ornatus*, a oviposição diária aumentou linearmente com a densidade de ovos oferecidos ($P<0,05$; $r^2=0.87$; $y=0.35528+0.01176x$) (Figura 4). A oviposição diária de *A. tamatavensis* e *T. ornatus* foram correlacionadas com o consumo de ovos de *R. indica*, indicando que o predador consumiu mais ovos, obtendo mais energia que pôde ser gasta na reprodução (Costa et al., 2014). Essa relação entre o aumento do número de ovos consumidos e o número de

ovos postos por fêmea de *A. tamatavensis* e *T. ornatus* pode indicar que o consumo de ovos de *R. indica* pode contribuir para o aumento populacional desses predadores em campo, além de outras fontes alimentares que podem encontrar no forrageamento no coqueiro como pólen, outros ácaros fitofágos e exsudatos açucarados. Para *I. zuluagai*, a oviposição não foi correlacionada com a densidade de ovos de *R. indica* ($P > 0,05$) (Figura 4), possivelmente pela alta variação do número de ovos postos/fêmea/predador durante as avaliações. É possível que o consumo de outros estádios de desenvolvimento de *R. indica* sejam mais adequados para *I. zuluagai*. Costa et al. (2014) observou que fêmeas de *Euseius concordis* Chant (Acari: Phytoseiidae) ovipositaram mais quando alimentadas com ovos de *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae). No entanto, Xiao e Fadamiro (2010) avaliaram a preferência em diferentes estádios de desenvolvimento e sugeriram que ninfas de *P. citri* podem ser mais nutritivas do que ovos para os fitoseídeos *P. persimilis*, *G. occidentalis* e *N. californicus*.

Os ácaros predadores *A. tamatavensis*, *I. zuluagai* e *T. ornatus* podem contribuir para a redução de *R. indica*, principalmente em baixas densidades. No entanto, *A. tamatavensis* foi o mais eficiente por consumir um maior número de presas, apresentar um menor tempo de manipulação (*Th*), e alto potencial reprodutivo quando alimentado com *R. indica*. Estudos adicionais são necessários para avaliar o potencial desses predadores em condições de campo bem como sua interação com outros fatores reguladores populacionais de *R. indica*, como outros predadores, acaropatogênicos, clima, agrotóxicos.

Conclusões

1. Os ácaros predadores *A. tamatavensis*, *I. zuluagai* e *T. ornatus* podem contribuir para a redução de *R. indica*, principalmente em baixas densidades.
2. *A. tamatavensis* demonstrou ser o mais eficiente por consumir um maior número de presas em menor tempo e alto potencial reprodutivo quando alimentado com *R. indica*.

Agradecimentos

A Marçal Pedro Neto e a Esther de Azevedo Silva pela identificação dos predadores. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo para primeira autora. À fundação de Amparo e Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa de estágio de curta duração para a realização da pesquisa na Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju - SE.

Referências

AGROFIT- Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 10 jan. 2017.

ASSIS, C.P.O.; MORAIS, E.G.F.; GONDIM JR, M.G.C. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p.357-365. 2012.

CARRILLO, D. PEÑA, J.E.; HOY, M.A.; HOWARD, F.J. Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and others microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. **Experimental and Applied Acarology**, v. 52, p.119-129. 2010.

CARRILLO, D.; PEÑA, J.E. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.361-372. 2012.

CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA A, DUNCAN R.E.; PEÑA J.E. (2012) Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.271-289. 2012.

COSTA, E.C.; TEODORO, A.V.; RÊGO, A.S.; PEDRO NETO, M.; SARMENTO, R.A. Functional response of *Euseius concordis* to densities of different developmental stages of the cassava green mite. **Experimental and Applied Acarology**, v. 64, p.277-286. 2014.

DOMINGOS, C.A.; OLIVEIRA, O.L.; MORAIS, E.G.F.; NAVIA, D.; MORAES, G.J.; GONDIM JR, M.G.C. Comparison of two populations of the pantropical predator

Amblyseius largoensis (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p.83-93. 2013.

DOWNLING, A.P.G.; OCHOA, R.; BEARD, J.J.; WELBOURN, W.C.; UECKERMANN, E.A. Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity, distribution and world invasions. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.257-269. 2012.

FAO 2014. **World production**. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acesso em: 24, Jan. 2017.

GONDIM JR, M.G.; CASTRO, T.M.N.; MASSARO JR, A.L.; NAVIA, D.; MELO, J.W.S.; DEMITE, P.R.; MORAES, G.J. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? **Systematics and Biodiversity**, v. 10, p.527-535. 2012.

HANSKI, I.; HANSSON, L.; HENTTONEN, H. Specialist predators, generalist predators, and the microtine rodent cycle. **Journal Animal Ecology**, v. 60, p.353-367. 1991.

HOLLING, C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **Canadian Entomologist**, v. 9, p.385-396. 1959.

HOUCK, M.A.; STRAUSS, R.E. The comparative study of functional responses. Experimental design and statistical interpretation. **Canadian Entomologist**, v. 117, p.67-629. 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 Jan. 2017.

JULIANO, S.A. (1993) Nonlinear Curve Fitting: Predation and functional response curves. In.: Scheiner SM, Gurevitch J. Design and Analysis of Ecological Experiments, New York: Chapman & Hall. 1993.

KASAP, I.; ATLIHAN, R. Consumption rate and functional response of the predaceous mite *Kampimodromus aberrans* to two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in the laboratory. **Experimental and Applied Acarology**, v. 53, p.253-261. 2011.

MCMURTRY, J.A. Dynamics and potential impact of generalist phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. **Experimental and Applied Acarology**, v. 14, p.371 – 382. 1992.

MCMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, v. 42, p.291-321. 1997.

MORAES, G.J.; CASTRO, T.M.M.G.; KREITER, S.; QUILICI, S.; GONDIM JR, M.G.; DE SÁ, L.A.N. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). **Acarology**, v. 52, p.129-134. 2012.

- MORAIS, E.G.F.; OLIVEIRA, J.P.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.M. *Amblyseius largoensis* in controlling red palm mite under semi-field conditions. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, p.671-675. 2016.
- NAVIA, D.; MORAES, G.J.; LOFEGO, A.C.; FLECHTMANN CHW. Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. **Neotropical Entomology**, v. 34, p.349-354. 2005.
- NAVIA, D.; MARSARO JR, A.L.; DA SILVA, F.R.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.J. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 40, p.409-411. 2011.
- NAGESHACHANDRA, B.K.; CHANNABASSAVANA, G.P. Development and ecology of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconut. In: Griffiths DA, Bowman CE (eds) **Acarology**, p.785-790. 1984.
- OLIVEIRA, D.C.; RADO, E.P.; MORAES, J.G.; MORAIS, E.G.F.; CHAGAS, E.A.; GONDIM JR M.G.C. NAVIA, D. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in southeastern Brazil. **Florida Entomology**, v. 99, p.123-125. 2016.
- PEÑA, J.E. Potential invasive pests of agricultural crops. Wallingford, CAB International, 464p. 2013.
- PEÑA, J.E.; RODRIGUES, J.C.; RODA, A.; CARRILLO, D.; ORBORNE, L. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. Proceedings of the 2nd Meeting of IOBC/WPRS, Work Group Integrated Control of Plant Feeding Mites. Florence, Italy, 69 – 79. 2009
- POLETTI M, MAIA AHN, OMOTO C (2007) Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, v. 40, p.30-36. 2007.
- REIS, A.C.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES DE, G.J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P.; LAWSON-BALAGBO, L.E.; BARROS, R. Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 37, p.457-462. 2008.
- REIS, P.R.; SOUSA, E.; TEODORO, A.V.; NETO, M.P. Effect of prey density on the functional and numerical responses of two species of predaceous mites (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p.461-467. 2003.
- REUS, M.G.; RAMOS, M. Plantas hospedantes de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en el Municipio de Santiago de Cuba. **Revista de Protección Vegetal**, v. 25, p.5-6. 2010.

- RODRIGUES, J.C.V.; IRISH, B.M. Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.309-316. 2012.
- RODRIGUES, J.C.V.; PEÑA, J.E. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.317-329. 2012.
- RODRIGUES, J.C.V.; ANTONY, L.M.K. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. **Florida Entomology**, v. 4, p.1073-1074. 2011.
- RODRIGUEZ, H.; MONTOYA, A.; FLORES-GALANO, G. Conducta Alimentaria de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* Hirst. **Revista de Protección Vegetal**, v. 25, p.26-30. 2010.
- SAS Institute (2002) SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- SANDNESS, J.N.; MCMURTRY, J.A. Functional response of three species of phytoseiidae (Acarina) to prey density. **Canadian Entomologist**, v. 102, p.692-704. 1970.
- SARMENTO, R. A.; RODRIGUES, D. M.; FARAJI, F.; ERASMO, E.A.; LEMOS, F.; TEODORO, A.V.; KIKUCHI, W. T.; SANTOS, G. R.; PALLINI, A. Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 53, p. 203- 214. 2011.
- SOLOMON, M.E. The natural control of animal populations. **Journal of Animal Ecology**, v. 18, p.1-35. 1949.
- TAYLOR, B.; RAHMAN, P.M.; MURPHY, S.T.; SUDHEENDRAKUMAR, V.V. Within-season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) phytoseiid predators on two host palm species in South-west India. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p.331-345. 2012.
- WEI, Q.; WALDE, S.J. The functional response of *Typhlodromus pyri* to its prey, *Panonychus ulmi*: the effect of pollen. **Experimental and Applied Acarology**, v. 21, p.677-684. 1997.
- WIEDENMANN, R.N.; SMITH, J.W. Attributes of the natural enemies in ephemeral crop habitats. **Biological Control**, v. 10, p.16-22. 1997.
- XIAO, Y.; FADAMIRO, H.Y. Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, v. 53, p.345-352. 2010.

Tabela 1. Parâmetros estimados da regressão logística da proporção de ovos de *Raoiella indica* consumidos por fêmeas dos ácaros predadores *Typhlodromus ornatus*, *Amblyseius tamatavensis* e *Iphiseiodes zuluagai*.

Tratamentos	Parâmetros	Valor (\pm EP)	d f	χ^2	P	Tipo resposta funcional
<i>T. ornatus</i>	Intercepto	7,0937 \pm 0,8198	1	74,87	<0,0001	II
	Linear	-0,3955 \pm 0,0604	1	42,81	<0,0001	
	Quadrática	0,00703 \pm 0,00136	1	26,72	<0,0001	
	Cúbica	-0,00004 \pm 9,184E-6	1	20,75	<0,0001	
<i>A. tamatavensis</i>	Intercepto	27,9692 \pm 4,1455	1	45,52	<0,0001	II
	Linear	-0,8248 \pm 0,1363	1	36,62	<0,0001	
	Quadrática	0,00599 \pm 0,00106	1	32,09	<0,0001	
	Cúbica	0,000108 \pm 0,000014	1	55,79	<0,0001	
<i>I. zuluagai</i>	Intercepto	5,5486 \pm 0,6772	1	67,12	<0,0001	II
	Linear	-0,2848 \pm 0,0515	1	30,63	<0,0001	
	Quadrática	0,00482 \pm 0,00119	1	16,48	<0,0001	
	Cúbica	-0,00003 \pm 8,158E-6	1	11,75	0,0006	

Tabela 2. Estimativas médias (\pm EP) e intervalos de confiança para a taxa de ataque (a'), tempo de manipulação (Th) e pico de consumo ($\frac{1}{Th}$) de fêmeas dos ácaros predadores *Typhlodromus ornatus*, *Amblyseius tamatavensis* e *Iphiseiodes zuluagai* consumindo ovos de *Raoiella indica* durante 24 horas.

	$a' \pm EP$ (95%IC)	$Th \pm EP$ (95%IC)	$\left(\frac{1}{Th}\right)$ (95%IC)
<i>T. ornatus</i>	0,0101 \pm 0,0013 (0,0074-0,0126) a	1,1234 \pm 0,0301 (1,0636-1,1832) b	0,981 (0,845 – 0,941) b
<i>A. tamatavensis</i>	0,0205 \pm 0,0047 (0,0111-0,0299) a	0,5064 \pm 0,0094 (0,4877-0,5252) a	1,975 (1,904 – 2,049) a
<i>I. zuluagai</i>	0,0108 \pm 0,0033 (0,0040-0,0176) a	0,9924 \pm 0,0442 (0,9045-1,0803) b	1,00 (0,930 – 1,111) b

Taxa de ataque a' (proporção em unidades de presas capturadas pelo predador por unidade de tempo), tempo de manuseio Th (proporção em unidade por um período de 24 h de exposição) e pico de consumo ($\frac{1}{Th}$) (número máximo de presas consumidas por um período de 1 hora).

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo intervalo de confiança a 5% de probabilidade.

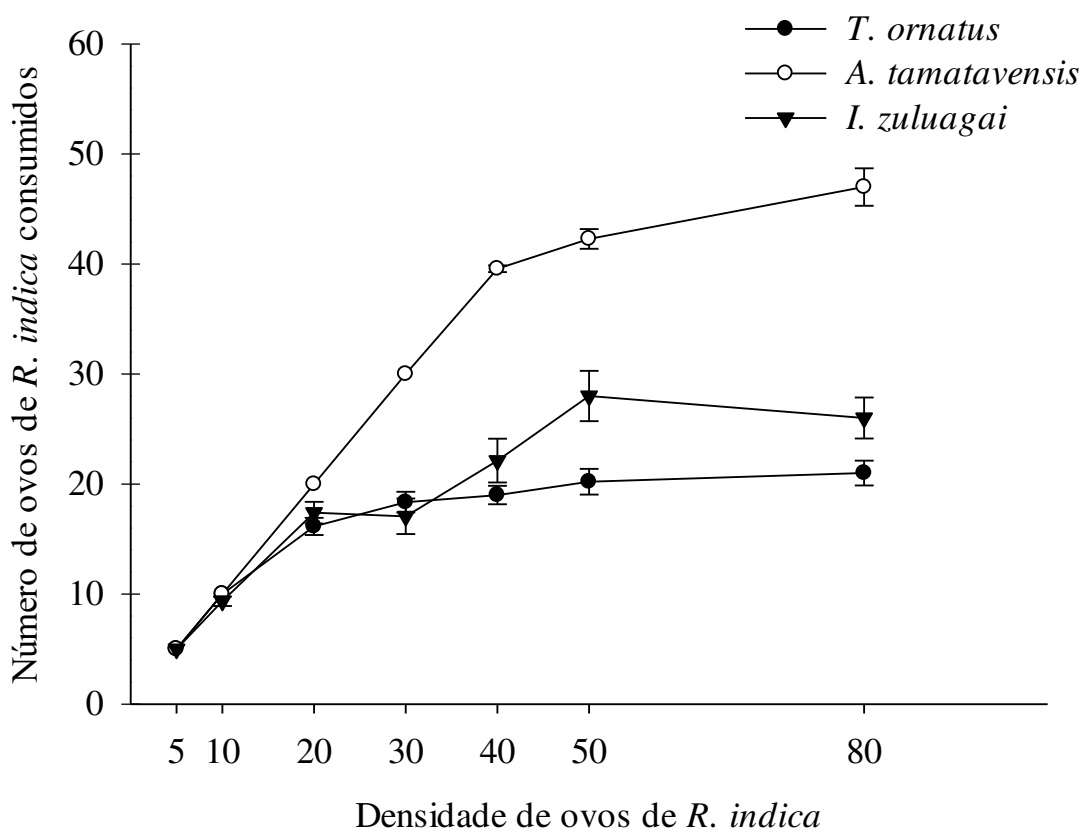


Figura 1. Número médio de ovos de *Raoiella indica* consumidos (média \pm EP) por fêmeas adultas de *Typhlodromus ornatus*, *Amblyseius tamatavensis* e *Iphiseiodes zuluagai* em função da densidade de ovos da presa.

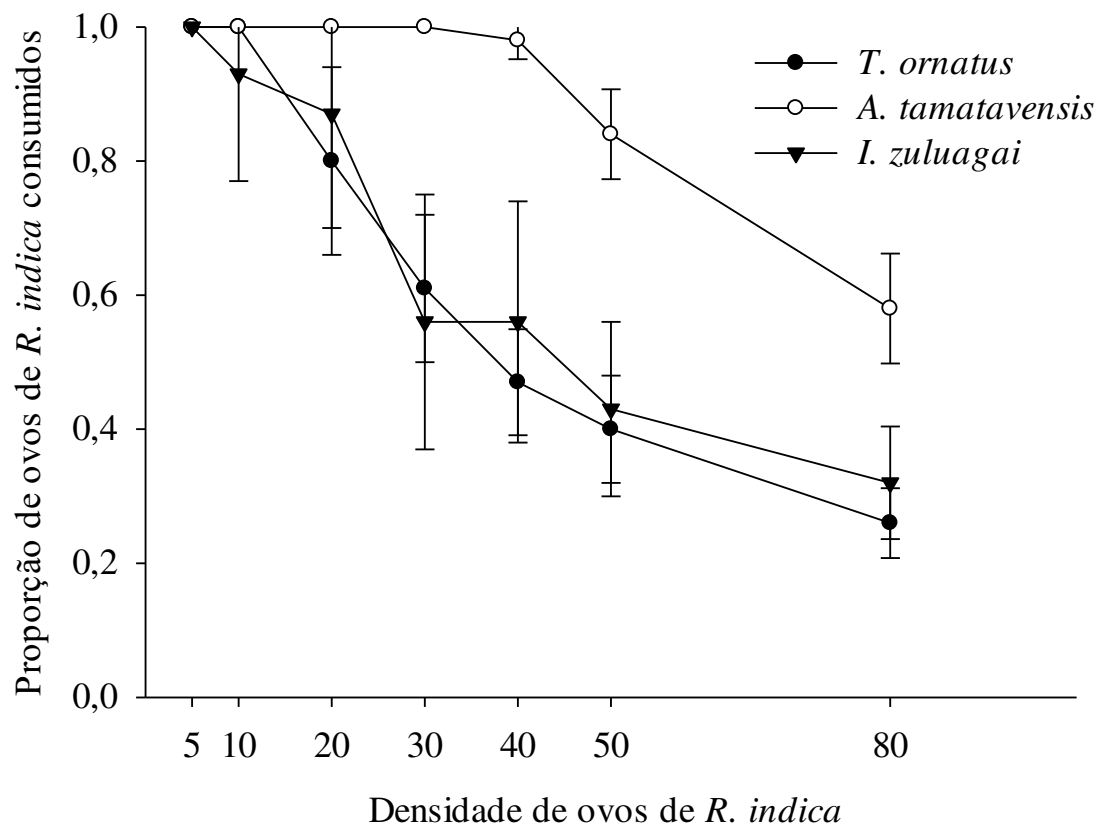


Figura 2. Proporção de ovos de *Raoiella indica* consumidos (média \pm EP) por fêmeas de *Typhlodromus ornatus*, *Amblyseius tamatavensis* e *Iphiseiodes zuluagai* em função da densidade de ovos da presa.

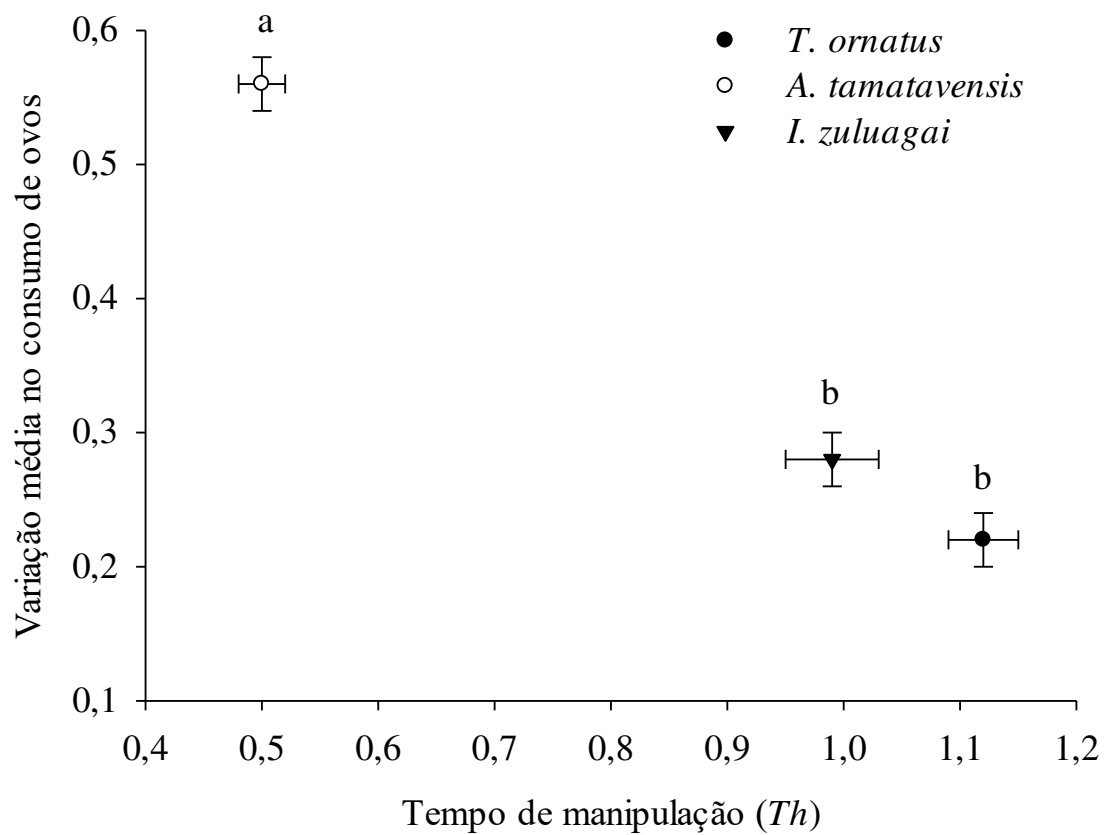


Figura 3. Variação média no consumo de ovos de *Raoiella indica* (média \pm EP) por *Amblyseius tamatavensis*, *Iphiseiodes zuluagai* e *Typhlodromus ornatus* em função do tempo de manuseio. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

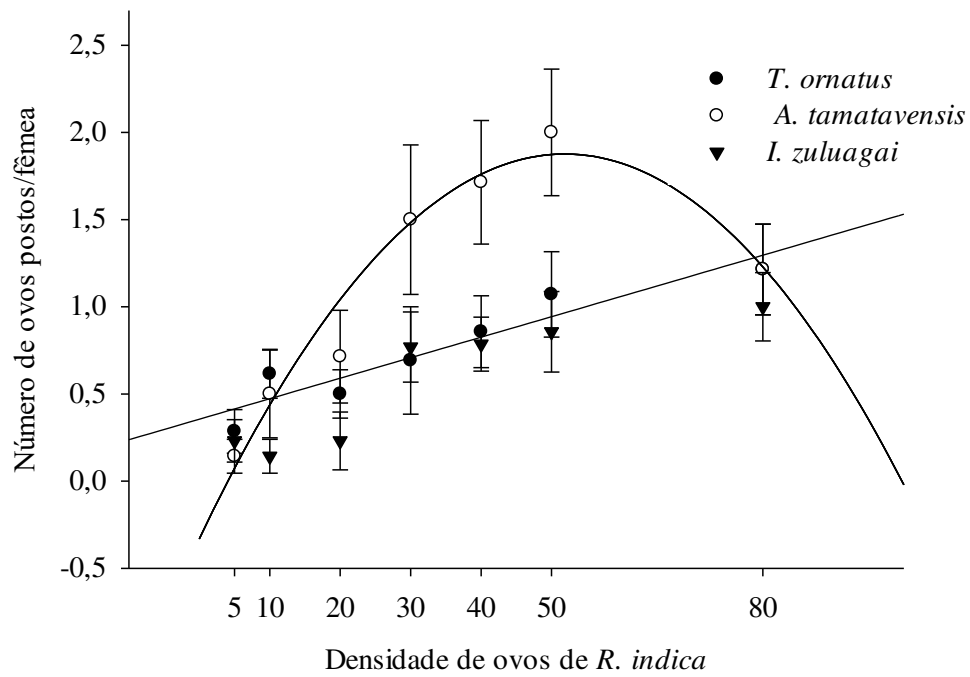


Figura 4. Número médio de ovos postos (média \pm EP) por fêmeas de *Typhlodromus ornatus*, *Amblyseius tamatavensis* e *Iphiseiodes zuluagai* em função da densidade de ovos da presa.

CAPÍTULO 3

Bioatividade do extrato de *Acmela oleracea* (Asteraceae) a *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) e seletividade ao predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae)

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “*Neotropical Entomology*”

Resumo – *Raoiella indica* é uma praga invasora que pode causar perdas de até 70% em plantios de coqueiros (*Cocos nucifera* L.). Ácaros predadores da família Phytoseiidae são os principais agentes de controle biológico de ácaros fitófagos. No Brasil, *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) é encontrado em associação com *R. indica* e pode auxiliar no controle dessa praga em campo. Associado ao controle biológico, produtos que sejam compatíveis com os inimigos naturais podem ajudar no controle dessa praga. Portanto, avaliou-se a atividade acaricida do extrato etanólico de *Acmella oleracea* a *R. indica* e sua seletividade ao predador *A. tamatavensis*. O extrato de *A. oleracea* foi tóxico a *R. indica* ($CL_{50} = 0,45\text{mg/mL}$; $CL_{80} = 1,34\text{ mg/mL}$), não causando mortalidade no ácaro predador *A. tamatavensis*. A CL_{50} e a CL_{80} do extrato de *A. oleracea*, estimadas para *R. indica*, foram repelentes à praga por até 48 horas depois da aplicação enquanto que, repeliu o predador apenas até 1 hora, na maior concentração. A CL_{50} e a CL_{80} do extrato de *A. oleracea* reduziram drasticamente a taxa de crescimento de *R. indica* enquanto que as mesmas concentrações não afetaram o aumento populacional do predador. Portanto, o extrato etanólico de *A. oleracea* poderia ser utilizado no manejo de *R. indica* por ser tóxico, repelente e reduzir o crescimento populacional dessa praga além de ser seletivo ao ácaro predador *A. tamatavensis*.

Palavras-chaves: compatibilidade, toxicidade, *Cocos nucifera*, controle biológico, fitoquímicos.

Bioactivity of the extract of *Acmella oleracea* (Asteraceae) to *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its selectivity to the predator *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae)

Abstract – *Raoiella indica* is an invasive pest that can cause losses of up to 70% in coconut plantations (*Cocos nucifera* L.). Predatory mites of the family Phytoseiidae are the main natural enemies of pest mites. In Brazil, *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) is found in association with *R. indica* and it can assist in the control of this pest in the field. Associated with biological control, products that are compatible with natural enemies can help control this pest. Therefore, we evaluated the toxicity of the ethanolic extract of *Acmella oleracea* (Asteraceae) to *R. indica* and to the predator *A. tamatavensis*. The extract of *A. oleracea* was highly toxic to *R. indica* ($LC_{50} = 0.45\text{mg/mL}$; $LC_{80} = 1.34\text{ mg/mL}$), but did not kill the predatory mite *A. tamatavensis*. The LC_{50} and LC_{80} of the extract from *A. oleracea*, estimated for *R. indica*, were repellent to the pest for up to 48 hours after application while, repelling the *A. tamatavensis* predator only up to 1 hour at its highest concentration. The LC_{50} and LC_{80} of the extract from *A. oleracea* drastically reduced the growth rate of *R. indica* while the same concentrations did not affect the population growth of the predator. We conclude that the extract from *A. oleracea* could be used in the management of *R. indica* as it was highly toxic, repellent and reduced the population growth of this pest besides being selective to the predatory mite *A. tamatavensis*.

Key words: compatibility, toxicity, *Cocos nucifera*, biological control, phytochemicals.

Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga invasora que se alimenta por meio dos estômatos das plantas hospedeiras (Ochoa et al. 2011), podendo interferir na respiração e fotossíntese das plantas atacadas (Beard et al. 2012). *R. indica* pode causar danos econômicos a diversas espécies de plantas (Carrillo et al. 2012), a exemplo do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Peña et al. 2009, Gondim Jr et al. 2012), com de perdas de até 70% (Peña 2013). Desde sua chegada ao Brasil (Navia et al. 2011), o ácaro-vermelho-das-palmeiras tem sido uma das principais preocupações dos cocoicultores, haja vista que o ácaro tem o maior potencial de estabelecimento, reprodução e desenvolvimento na principais regiões produtoras (Amaro e Morais 2013, Navia et al. 2016)

Para reduzir os problemas associados com a infestação em áreas de produção, métodos de controle como a resistência de plantas (Rodrigues e Irish 2011), controle biológico (Peña et al. 2009) e o controle químico (Rodrigues e Peña 2012, Assis et al. 2012) tem sido investigados, no entanto, no Brasil, não existe produtos registrados para controlar esta praga (AGROFIT 2017), tornando o controle biológico a principal alternativa. Os ácaros fitoseídeos são os mais importantes predadores associados a *R. indica* (Taylor et al. 2012, Moraes et al. 2012, Gondim Jr et al. 2012). No Brasil, *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) é naturalmente encontrado em associação com *R. indica* (Gondim Jr et al. 2012) e pode auxiliar no controle biológico desta praga em campo, além de ser considerado um ácaro predador generalista do tipo III, que pode se alimentar de ácaros fitófagos, pequenos artrópodes, pólen e substâncias açucaradas (McMurtry e Croft 1997).

O uso de produtos que sejam compatíveis com os inimigos naturais é fundamental para o sucesso do controle biológico (Moreno et al. 2011, Abraham et al. 2012). O jambu, *Acmella oleracea* (Asteracea) é uma erva anual amazônica (Sharma et al. 2012) cujas raízes, botões florais e parte aérea produzem, dentre outros compostos, o espilantol (Rani e Murty 2006), uma alcanida alifática N-isobutilamida (Boonen et al. 2010). O espilantol é descrito como um óleo viscoso com efeito anestésico (Molina Torres et al. 1996). Espilantol é o principal metabólito secundário encontrado em extratos de *A. oleracea* (Moreno et al. 2011, Simas et al. 2013, Castro et al. 2014).

Extratos de *A. oleracea* possuem atividade inseticida (Moreno et al. 2011, Sharma et al. 2012), fungicida (Rani e Murty 2005) e carrapaticida (Castro et al. 2014, Cruz et al. 2016). No entanto, pouco é conhecido sobre o efeito do extrato de *A. oleracea* a ácaros fitófagos e sua compatibilidade com ácaros predadores. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade acaricida do extrato etanólico de *A. oleracea* a *R. indica* e sua seletividade ao ácaro predador *A. tamatavensis*.

Material e Métodos

Criação do predador e obtenção de *R. indica*

A criação de *A. tamatavensis* foi estabelecida com indivíduos coletados de folíolos de coqueiro oriundos da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE (10°57'03,3"S, 37°03'07,4"O). As colônias desse predador foram mantidas em laboratório (temperatura de 27,0 ± 3,0°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotoperíodo natural) em arenas confeccionadas em pedaços de PVC preto (22cm de comprimento x 12cm de largura) sobre uma espuma de poliuretano (24cm de comprimento x 14cm de

largura x 0,33cm de espessura) saturada com água destilada em uma bandeja plástica (24cm de comprimento x 14,5cm de largura x 5,3cm de profundidade). Ao redor do pvc foi colocada uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada para evitar a fuga dos ácaros predadores. Fios de algodão recobertos com uma lamínula (18 x 18mm) foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. Os ácaros foram alimentados com pólen de mamona, *R. indica* (todas as fases do desenvolvimento) e mel a 10% a cada dois dias.

Teliocrisálidas de *R. indica* foram coletadas de folíolos de coqueiro (mesmo local de coleta dos predadores) e deixadas durante 48 horas em arenas, confeccionadas de acordo com descrição anterior, até a emergência de fêmeas adultas para a padronização da idade e uso nos bioensaios.

Toxicidade letal

Bioensaios de concentração-mortalidade foram realizados para determinar as concentrações letais (CL) do extrato etanólico de *A. oleracea* a *R. indica*. As concentrações do extrato utilizadas foram selecionadas por meio de bioensaios iniciais, situando-se entre os limites inferior (0%) e o superior (100%) de mortalidade a *R. indica*. As concentrações utilizadas para *R. indica* variaram de 0,1 a 2mg do extrato de *A. oleracea* dissolvidos em acetona.

Arenas foram confeccionadas com pedaços do folíolo de coqueiro (2cm de largura x 8cm de comprimento), com a face abaxial virada para cima, colocados em placas de Petri (15cm de diâmetro x 1,3cm de profundidade). A epiderme foi coberta por uma mistura composta por 5% de ágar (ágar bacteriológico puro), 0,3% de metil parabeno (Nipagim®) como fungicida e água destilada. Uma área de 1,8cm de diâmetro

foi aberta com o auxílio de um vazador expondo a área da epiderme do folíolo que serviu de unidade experimental.

Trinta fêmeas adultas de *R. indica* (1-2 dias da emergência) foram transferidas com um auxílio de um pincel para cada arena. Vinte arenas (repetições) foram utilizadas para cada concentração do extrato testado. Arenas do tratamento controle foram pulverizadas com acetona. Trinta minutos após a pulverização, as arenas foram cobertas com filme de pvc transparente para evitar a entrada de outros artrópodes nas arenas. O extrato foi pulverizado por meio de uma torre de Potter (Burkard, Rickmansworth, Reino Unido) a uma pressão de 5psi/pol² e um volume de calda de 9,3mL, o que corresponde a um depósito de 0,05 ml/cm² o qual está de acordo com a recomendação da IOBC/WPRS (International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section) (Hassan et al. 1994). Os dados de mortalidade de *R. indica* foram submetidos a análises de Probit utilizando o software SAS (SAS Institute 2002) para obtenção da curva de concentração-resposta para o extrato de *A. oleracea*.

Para avaliar a toxicidade do extrato de *A. oleracea* a *A. tamatavensis*, seis fêmeas do predador (8 a 10 dias de idade) foram transferidas para cada arena previamente pulverizada com a CL₀, CL₅₀ e a CL₈₀ do extrato de *A. oleracea*, estimadas anteriormente para *R. indica*. As arenas foram confeccionadas em discos de PVC (5cm de diâmetro) flutuando em placas de Petri sem tampa (9cm de diâmetro por 1,5cm de profundidade) contendo água destilada para evitar a fuga dos ácaros (Reis et al. 1998). Cada arena foi centralmente perfurada para fixação de um alfinete colado no fundo da placa de Petri com cola de silicone. Oito arenas foram utilizadas para cada concentração do extrato testado. As fêmeas do predador foram alimentadas com pólen de mamona

colocado sobre pedaços de PVC transparente de 0,5cm² para evitar o contato com o extrato. Foram considerados mortos os ácaros que não se moviam até o comprimento do seu corpo ao serem tocados levemente com um pincel após 24 horas. A toxicidade do extrato de *A. oleracea* ao predador *A. tamatavensis* foi analisada usando ANOVA e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002).

Toxicidade subletal

Foram realizados bioensaios de repelência do extrato de *A. oleracea* a *R. indica* e ao ácaro predador *A. tamatavensis*. Foram utilizadas a CL₅₀ e a CL₈₀ do extrato de *A. oleracea*, estimadas anteriormente para *R. indica*. As concentrações do extrato foram pulverizadas por meio de torre de Potter e as arenas foram preparadas conforme descrição anterior nos bioensaios de toxicidade, no entanto as arenas tinham uma metade tratada e a outra não tratada com o extrato (Teodoro et al. 2009, Silva 2014). A área não tratada foi coberta com duas camadas de fita adesiva durante a pulverização do produto.

Após 30 minutos da pulverização, fêmeas adultas de *R. indica* e de *A. tamatavensis*, foram transferidas individualmente para o centro das arenas constituídas com pedaços de epiderme do folíolo (sobre um ponto de cola branca de 1,00 x 1,00 x 0,5mm) e de PVC (sobre um pequeno pedaço de PVC transparente de 3,00 x 1,00mm), respectivamente. As avaliações foram realizadas após 1, 24 e 48 horas por meio do registro da posição dos ácaros no lado tratado ou não tratado das arenas. Foram realizadas 60 repetições para cada CL e cada espécie de ácaro (praga e predador). Os dados obtidos para escolha de área tratada e não tratada com os óleos foram submetidos

à análise de frequência pelo teste de qui-quadrado utilizando o ProcFreq do software SAS (SAS Institute 2002).

Adicionalmente à repelência, a taxa instantânea de crescimento (r_i) foi usada para avaliar os efeitos subletais do extrato de jambu a *R. indica* e ao ácaro predador *A. tamatavensis*. O r_i se baseia em dados de reprodução e mortalidade e foi calculado usando a equação: $r_i = \frac{[\ln(\frac{N_f}{N_0})]}{\Delta t}$, onde N_f é o número final de ácaros vivos (incluindo ovos e imaturos), N_0 é o número inicial de ácaros e Δt é o intervalo (10 dias) entre o início e o final do bioensaio (Stark et al. 1997).

Para *R. indica*, as arenas utilizadas foram confeccionadas com pedaços de folíolos (2cm de largura x 4cm de comprimento) previamente pulverizados com as concentrações letais de *A. oleracea* (CL₀, CL₅₀ e CL₈₀), com a face abaxial voltada para cima, colocado sobre uma espuma de poliuretano (3cm de diâmetro x 0,5cm de espessura) saturada com água destilada em uma placa de Petri (3cm de diâmetro). Ao redor do folíolo, foi adicionada uma pequena camada de algodão hidrófilo umedecido com água para evitar a fuga de *R. indica*. Para o predador, foram utilizadas as mesmas arenas descritas nos bioensaios de toxicidade. As fêmeas do predador foram alimentadas com pólen de mamona colocado sobre pedaços de PVC transparente de 0,5cm² para evitar o contato com o extrato.

Quatro fêmeas adultas e um macho de cada espécie de ácaro (predador e praga) foram transferidos para cada arena previamente pulverizada. As arenas do tratamento controle foram pulverizadas com acetona. Foram realizadas vinte repetições para cada concentração avaliada. A interferência do extrato na taxa instantânea de crescimento (r_i) para *R. indica* e *A. tamatavensis* foi analisada, separadamente, usando ANOVA e as

médias foram comparadas usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002).

Resultados e Discussão

O extrato etanólico de *A. oleracea* foi altamente tóxico a *R. indica* ($\chi^2 = 5,0626$, $P = 0,1673$) (Tabela 1). Essa bioatividade de *A. oleracea* está possivelmente associada à alcanidas presentes na planta, a principal é uma isobutilamida, comumente conhecida como espilantol (Simas et al. 2013, Castro et al. 2014, Cruz et al. 2014). Adicionalmente, outras alcanidas ativas também são encontradas no extrato etanólico de *A. oleracea*, como (*E*)-*N*-isobutylundeca-2-em-8,10-diyamide e (*R,E*)-*N*-(2-methylbutyl) undeca-2-em-8,10-diyamide e podem agir sinergicamente com o espilantol (Moreno et al. 2011).

A CL_{50} (0,45 mg/mL) e a CL_{80} (1,34 mg/mL) do extrato de *A. oleracea*, estimadas para *R. indica*, não causaram mortalidade no ácaro predador ($F=1,10$; $G.L=2,23$; $P=0,34$). Essa susceptibilidade diferencial ao extrato pode estar relacionada às características fisiológicas, comportamentais, ao maior tamanho do predador em relação a *R. indica* (Cloyd et al. 2006; Lima et al. 2012) e pelas menores taxas de penetração do extrato no tegumento do predador em comparação com a praga (Degrande et al. 2002).

A CL_{50} e a CL_{80} do extrato de *A. oleracea* foram altamente repelentes a *R. indica* por até 48 horas ($P<0,0001$) (Figura 1). No entanto, o extrato foi repelente ao predador apenas até 1 hora e na maior concentração ($P= 0, 0137$), perdendo seu efeito após 24 e 48 horas (Figura 2). O efeito repelente intrínseco de algumas plantas, como

demonstrado para *A. oleracea* a *R. indica*, tem sido apontado como uma forma eficaz para evitar a infestação de pragas em diversas culturas agrícolas (Xavier et al. 2015).

A taxa de crescimento de *R. indica* diminuiu com o aumento da concentração do extrato de *A. oleracea* ($F= 152,33$; G.L = 2,30; $P<0,0001$; Figura 3), indicando uma tendência à extinção da praga. De fato, na maior concentração, foi possível estimar o r_1 para apenas uma repetição de *R. indica* (Figura 3). Em contraste, a taxa de crescimento de *A. tamatavensis* não foi afetada pelo extrato de *A. oleracea* ($F= 0,0809$; G.L = 2,57; $P=0,9223$), sugerindo compatibilidade com este predador (Figura 3). A ausência de posturas em folíolos tratados tanto na CL_{50} como na CL_{80} com o extrato de *A. oleracea* contribuiu para o declínio da população de *R. indica*, indicando que o extrato pode afetar a reprodução da praga. Similarmente, a oviposição de fêmeas do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) também foi afetada quando tratadas com extrato hexânico e metanólico de *A. oleracea* (Castro et al. 2014, Cruz et al. 2016). O ácaro-vermelho-das-palmeiras é uma praga com um alto potencial biótico (Carrillo e Pena 2012), sendo que uma fêmea pode colocar até 160 ovos ao longo do seu ciclo (Moutia 1958), portanto compostos bioativos que interfiram na sua reprodução podem ser promissores.

O extrato de *A. oleracea* foi tóxico, repelente e afetou negativamente a taxa de crescimento populacional de *R. indica* sem afetar seu inimigo natural *A. tamatavensis*, demonstrando alta atividade acaricida, portanto promissor no controle de *R. indica* em campo.

Agradecimentos

A Marçal Pedro Neto e a Esther de Azevedo Silva pela identificação dos predadores. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo para primeira autora. À fundação de Amparo e Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa de estágio de curta duração para a realização da pesquisa na Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju - SE.

Referências

AGROFIT- Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 10 jan. 2017

Assis CPO, Morais EGF, Gondim Jr, MGC (2012) Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 60: 357 – 365

Abraham CM, Braman SK, Oetting RD, Hinkle NC (2012) Pesticide compatibility with natural enemies for pest management in greenhouse Gerbera daisies. *J Econ Entomol* 106: 1590 – 1601

Amaro G, Morais EG (2013) Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. *Exp Appl Acarol* 60: 342 – 355

Beard JJ, Ochoa R, Bauchan GR, Welbourn WC, Pooley C, Dowling APG (2012) External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoidae): *Raoiella* a case study. *Exp Appl Acarol* 46: 111– 129

Boonen J, Baert B, Burvenich C, blondeel P, De Saeger S, De Spiegeleer B (2010) LC-MS profiling of N-alkylamides in *Spilanthes acmella* extract and the transmucosal behavior of its main bio-active sphilanthol. *J Pharm Biomed An* 5393: 243 – 49

Carrillo D, Peña JE (2012) Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp Appl Acarol* 57: 361 – 372

Carrillo D, Amalin D, Hosein F, Roda A, Duncan RE, Peña JE (2012) Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Exp Appl Acarol* 57: 271 – 289

Castro KNC, Lima DF, Vasconcelos, LC, Leite JRSA, Santos RC, Paz Neto AA, Costa Jr LM (2014) Acaricide activity *in vitro* of *Acmella oleracea* against *Rhicephalus micropilus*. *Parasitol Research* 110: 3697 – 3701

Cloyd RA, Galle CL, Keith SR (2006) Compatibility of three miticides with the predatory mites *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Hort Sci* 44: 476 – 480

Cruz PB, Barbosa PF, Zeringota V, Melo D, Novato T, Fidelis QC, Carvalho MG, Sabaa-Srur AUO, Daemon E, Monteiro CMO (2016) Acaricidal activity of methanol extract of *Acmella oleracea* L. (Asteraceae) and spilanthal on *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) and *Dermacentor nitens* (Acari: Ixodidae). *Vet Parasitol* 228: 137 – 143

Degrande PE, Reis PR, Carvalho GA, Belarmino LC (2002) Metodologia para avaliar o impacto de agrotóxicos sobre inimigos naturais. In: Parra JRP, Botelho PSM, Correa-Ferreira BS, Bento JMS. *Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores*. Manole, São Paulo, 635 p

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

Gondim Jr MG, Castro TMN, Massaro Jr AL, Navia D, Melo JWS, Demite PR, Moraes, GJ (2012) Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? *System biodiv* 10 (4): 527 – 535

Hassan SA, Bigler F, Bogenschütz H, Boller E, Brun J, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Grove A, Heimlich U, Helyer N, Hokkanen H, Lewis GB, Mansour F, Moreth L, Polgar L, Samsøe-Petersen L, Sauphanor B, Stäubli A, Sterk G, Vainio A, Veire MV, Viggiani G, Vogt H (1994) Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS. *Entomop* 39: 107 – 119

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 Jan. 2017

Isman MB (2008) Perspective botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Manag Sci* 64: 8 – 11

Lima DB, Melo JWS, Gondim Jr MGC, Moraes de GJ (2012) Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis* Keifer. *Exp Appl Acarol* 56: 233 – 246

- McMurtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *An Rev Entomol* 42: 291 – 321
- Molina Torres J, Salgado-Garciglia R, Ramirez-Chanez E, del Rio RE (1996) Purely olefinic alkaloids in *Heliopsis longipes* and *Acmella (Spilanthes) oppositifolia*. *Biochem Syst Ecol* 24: 27 – 43
- Moraes de, GJ, Castro TMMG, Kreiter S, Quilici S, Gondim Jr MG, De Sá LAN (2012) Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). *Acarol* 52(2): 129 – 134
- Moreno SC, Carvalho GA, Picanço MC, Morais EG, Pereira RM (2011) Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and selectivity to two non-target species. *Pest Manag Sci* 68(3): 386 – 93
- Mourão SA, Zanuncio JC, Pallini Filho A, Guedes RNC, Camargos de AB (2004) Toxicidade de extratos de nim (*Azadirachta indica*) ao ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis*. *Pesq Agropec Bras* 39(8): 827 – 830
- Navia D, Hamada E, Gondim Jr MGC, Benito NP (2016) Spatial forecasting of red palm mite in Brazil under current and future climate change scenarios. *Pesq Agropec Bra* 51: 586 – 598
- 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
- Peña JE (2013) Potential invasive pests of agricultural crops. Wallingford, CAB International, 464p
- 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. Proceedings of the 2nd Meeting of IOBC/WPRS, Work Group Integrated Control of Plant Feeding Mites. Florence, Italy, 69 – 79
- Ochoa R, Beard JJ, Bauchan GR, Kane EC, Dowling APG, Erbe EF (2011) Herbivore exploit chitin armor of host. *American Entomol* 57: 26 – 30
- Reis PR, Chiavegato LG, Alves EB (1998) Biologia de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An Soc Entomol Brasil* 27(2): 185 – 191
- Rani AS, Murty SU (2005) Evaluation of antimicrobial activity of *Spilanthes acmella* flower head extract. *J Natural Remedies* 5: 170 – 171

- 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, Peña JE (2012) Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Exp Appl Acarol* 57: 317 – 329
- Sarmiento RA, Rodrigues DM, Faraji F, Erasmo EA, Lemos F, Teodoro AV, Kikuchi WT, Santos GR, Pallini A (2011) Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. *Exp Appl Acarol* 53: 203 – 214
- SAS Institute (2002) SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina
- Silva MJS (2014) Controles alternativo e biológico do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae). Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, Brasil p74
- Simas NK, Dellamora ECL, Schripsema J, Lage CLS, Oliveira Filho AM, Wessjohann L, Porzel A (2013) Acetylenic 2-phenylethylamides a new isobutylamides from *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen, a Brazilian spice with larvicidal activity on *Aedes aegypti*. *Phytochem Let* 6: 67 – 72
- Sharma V, Boonen J, Chauhan NS, Thakur M, Spiegeleer B, Dixit VK (2011) *Spilanthes acmella* ethanolic flower extract: LC–MS alkylamide profiling and its effects on sexual behavior in male rats. *Phytomed* 18: 1161 – 1168
- Stark JD, Tanigoshi L, Bounfour M, Antonelli A (1997) Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicol Environ Safety* 37: 273 – 279
- Taylor B, Rahman P.M, Murphy S.T, Sudheendrakumar VV (2012) Within-season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) phytoseiid predators on two host palm species in South-west India. *Exp Appl Acarol* 57: 331 – 345
- Teodoro AV, Tschardt T, Klein AM (2009) From the laboratory to the field: contrasting effects of multitrophic interactions and agroforestry management on coffee pest densities. *Entomol Exp Appl* 31: 121 – 129
- Xavier MVA, Matos CHC, Oliveira CRF, Sá MGR, Sampaio GRM (2015) Toxicidade e repelência de extratos de plantas da caatinga sobre *Tetranychus bastosi* Tutler, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae) em pinhão-mansão. *Rev Bras Pl Med* 17: 790 – 797

Tabela 1. Concentrações letais (CLs) (mg/mL e em porcentagem) do extrato de *A. oleracea* a *R. indica* ($\chi^2 = 5,0626$, $P = 0,1673$) estimadas com base em bioensaios de concentração-mortalidade usando análises de Probit.

	mg/mL	% (IC)
CL ₁₀	0,0900	0,0900 (0,06896-0,11209)
CL ₂₅	0,1948	0,1948 (0,16156-0,22909)
CL ₅₀	0,4598	0,45984 (0,40145-0,52536)
CL ₈₀	1,3421	1,3421 (1,14022-1,62224)
CL ₉₉	8,8805	8,8805 (6,42897-13,26019)

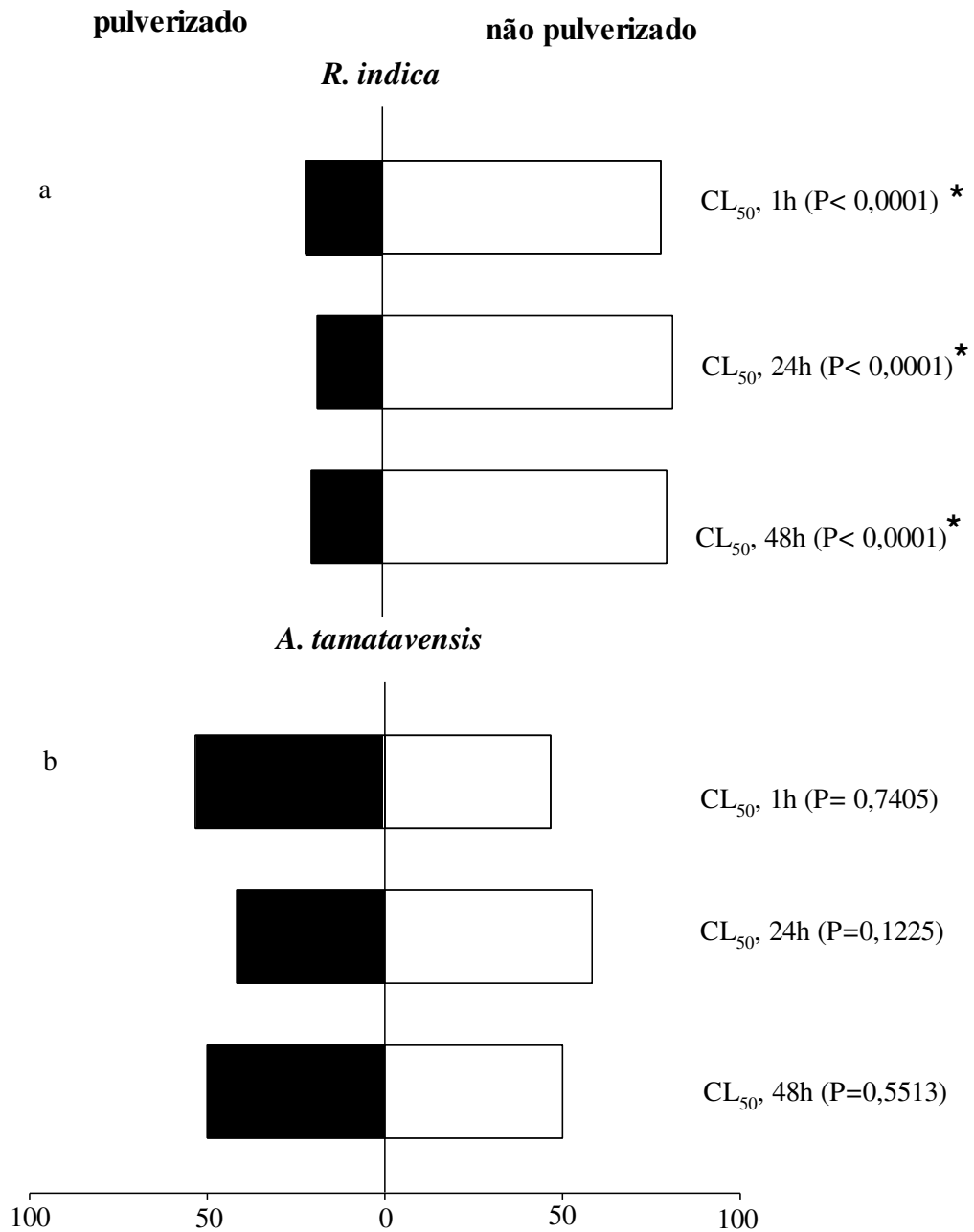


Figura 1 Porcentagem de *Raoiella indica* (a) e do predador *Amblyseius tamatavensis* (b) em metades de discos tratadas (barras pretas) e não tratadas (barras brancas) com a CL₅₀ do extrato de *Acmella oleracea*, após 1, 24 e 48 horas. Cada barra corresponde à média de três repetições (n=60 ácaros). O nível de significância é dado pelo teste do qui-quadrado utilizando o ProcFreq do software SAS (SAS Institute 2002).

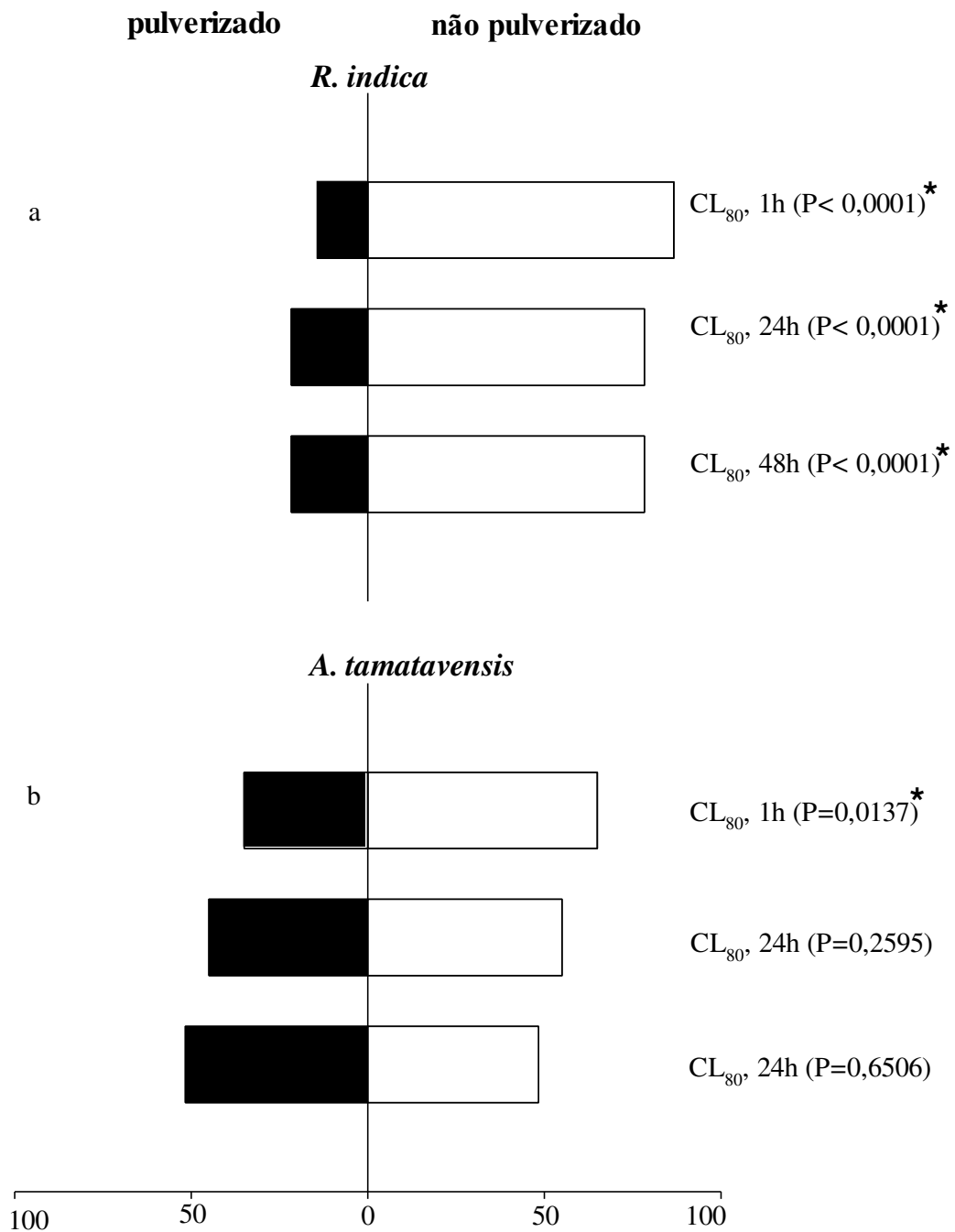


Figura 2 Porcentagem de *Raoiella indica* (a) e do predador *Amblyseius tamatavensis* (b) em metades de discos tratadas (barras pretas) e não tratadas (barras brancas) com a CL₈₀ do extrato de *Acmella oleracea*, após 1, 24 e 48 horas. Cada barra corresponde à média de três repetições (n=60 ácaros). O nível de significância é dado pelo teste do qui-quadrado utilizando o ProcFreq do software SAS (SAS Institute 2002).

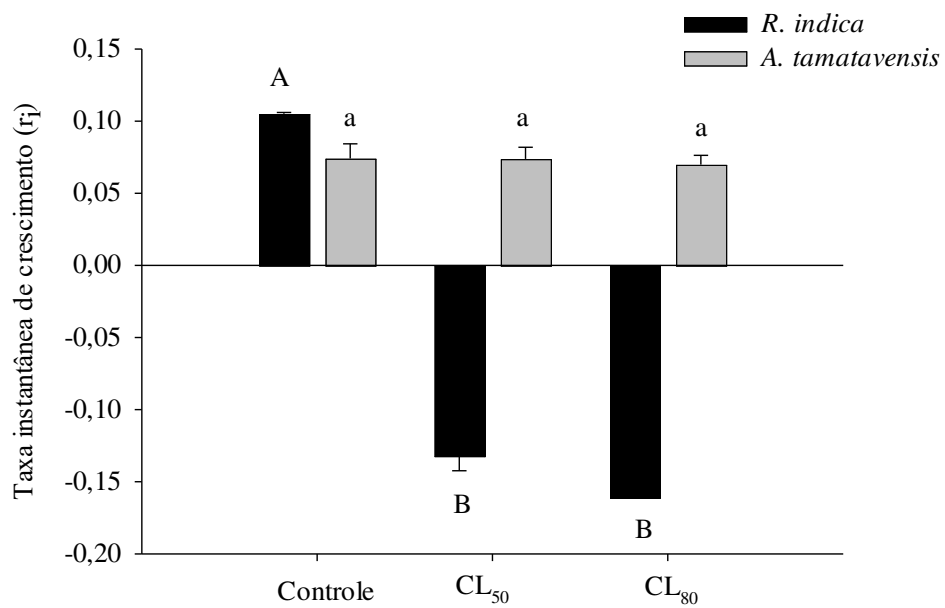


Figura 3 Taxa instantânea de crescimento (r_i) de *Raoiella indica* (barras pretas) e *Amblyseius tamatavensis* (barras cinzas) expostos a CL₅₀ e a CL₈₀ do extrato de *Acmella oleracea*. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

CONCLUSÃO GERAL

O ácaro predador *A. tamatavensis* é um promissor agente de controle biológico do ácaro-vermelho-das-palmeiras *R. indica*, sobretudo em baixas densidades da praga. Adicionalmente, o extrato de *A. oleracea* poderia ser utilizado no manejo de *R. indica* por ser tóxico, repelente, e reduzir a taxa de crescimento da *R. indica*, além de ser seletivo a *A. tamatavensis*.