

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

GISELLE SANTOS DE FREITAS

EFICIÊNCIA DE ÓLEOS BRUTOS VEGETAIS NO CONTROLE DE
Aceria guerreronis **E SUA COMPATIBILIDADE COM** *Typhlodromus*
(Anthoseius) ornatus **(ACARI: ERIOPHYIDAE, PHYTOSEIIDAE)**

São Luís - MA
2016

GISELLE SANTOS DE FREITAS

Engenheira Agrônoma

EFICIÊNCIA DE ÓLEOS BRUTOS VEGETAIS NO CONTROLE DE
Aceria guerreronis **E SUA COMPATIBILIDADE COM** *Typhlodromus*
(Anthoseius) ornatus (ACARI: ERIOPHYIDAE, PHYTOSEIIDAE)

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

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro

São Luís – MA
2016

Freitas, Giselle Santos de.

Eficiência de óleos brutos vegetais no controle de *Aceria guerreronis* e sua compatibilidade com *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* (Acari: Eriophyidae, Phytoseiidae) / Giselle Santos de Freitas. – São Luís, 2016.

85 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro.

1. Ácaros predadores. 2. *Cocos nucifera*. 3. Controle biológico. 4. Praga.
I. Título

CDU: 634.616-293.7

**EFICIÊNCIA DE ÓLEOS BRUTOS VEGETAIS NO CONTROLE DE *Aceria guerreronis* E SUA COMPATIBILIDADE COM *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus*
(ACARI: ERIOPHYIDAE, PHYTOSEIIDAE)**

GISELLE SANTOS DE FREITAS

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

Aprovada na defesa em: 15 /02/ 2016

BANCA EXAMINADORA

Dr. Adenir Vieira Teodoro (Orientador)
Embrapa Tabuleiros Costeiros

Dra. Andréia Serra Galvão
Instituto Federal do Maranhão/IFMA

Dra. Eliana Maria dos Passos
Embrapa Tabuleiros Costeiros

DEDICO

Ao meu tio Antônio Augusto da Silva Santos (*in memoriam*) por ter me incentivado e acreditado no meu crescimento pessoal e profissional.

OFEREÇO

Aos meus familiares e amigos, por toda dedicação, amor e compaixão, vocês são o melhor de mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço Aquele que sempre me amou primeiro, ao autor da vida, meu amado Jesus. Agradeço aos meus familiares pelo apoio, incentivo e amor, por sempre estarem presentes e pela disponibilidade em ajudar. A minha mãe Altiva Santos agradeço por toda dedicação e cuidado, pela preocupação e pelos puxões de orelha, se não fosse por sua garra não teria conseguido.

As minhas irmãs Danielle Freitas e Rafaelle Freitas agradeço por tudo que fizemos, fazemos e por tudo que iremos fazer, amo muito vocês.

Fabiana Silva “minha Uca” agradeço por toda confiança, investimento e cuidado. Tâmara Cantanhêde e Thiago Cantanhêde, muito obrigada pelos momentos compartilhados, pela ajuda e distração.

Agradeço aos meus queridos amigos por tornarem essa caminhada menos pesada e assim o fardo mais fácil de levar. Em especial agradeço Larissa de Paula, por todo cuidado, companheirismo, desespero e ajuda, sei que sempre posso contar contigo.

Albéryca Stephany, que sempre se disponibiliza em ajudar e por sempre me salvar nas horas de loucura.

Vanessa Lira, Isadora Vieira, Wenner Vinícios, agradeço por toda dedicação e empenho em ajudar nos experimentos, sem vocês não teria conseguido. Thiago Rodrigues e Tatiane Marques muito obrigada por toda compaixão e consolo, vocês sempre me incentivaram e acreditaram no meu potencial.

Maria de Jesus, Rafael Rocha, Natália Nicolle, Elizabeth Costa, Suellen Rayane, Fabíola Mendeiros e Janaína Mondego, agradeço pelos conselhos e por tentarem diminuir meu desespero.

Um agradecimento especial á professora Andreia Galvão, obrigada por estar presente em cada etapa deste trabalho, sua ajuda foi fundamental.

Professora Ester Azevedo, agradeço por todo carinho e dedicação, a sua confiança em mim é um incentivo para chegar mais longe.

Ao professor Adenir Vieira, obrigada pela orientação, ajuda e dedicação. Agradeço a equipe da Embrapa Tabuleiros Costeiros em Sergipe, em especial, Maria Clezia, Priscila de Melo, Samuel Farias e Shênia Santos, obrigada pela ajuda com os experimentos.

Thamia Aranha, Assistone de Jesus e Alirya Magda, agradeço por se fazerem presentes nos piores e melhores momentos.

Rayanne Cristine, secretária do Programa de Pós Graduação em Agroecologia, muito

obrigada por ser tão paciente e cuidadosa e a “salvadora” nos momentos de desespero.

Agradeço aos meus queridos Pr. Joaquim Silva e Pr^a Telma Maria, vocês sempre estiveram presentes em cada etapa dessa conquista, me influenciaram e me mantiveram sempre nas suas orações, obrigada por todo zelo e amor.

Agradeço á todos os meus companheiros do Laboratório Entomologia/Acarologia e a turma de mestrado de 2014 vocês também foram um grande consolo nos momentos difíceis, me distraíndo, incentivando e influenciando. Sou eternamente grata a todos vocês... Muito obrigada!!!!

RESUMO

O ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) é uma praga chave do coqueiro no mundo. Os ácaros predadores da família Phytoseiidae são considerados seus principais inimigos naturais, sendo *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* frequentemente relatado em associação com este eriofídeo. Óleos brutos vegetais vêm sendo usados para o controle dessa praga, no entanto, existem poucos estudos sobre seu efeito no ácaro-da-necrose e em ácaros predadores. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a toxicidade e repelência dos óleos brutos de coco e dendê ao ácaro-da-necrose e ao ácaro predador *T. ornatus* bem como avaliar o efeito subletal do óleo bruto de coco na resposta funcional e numérica do ácaro predador *T. ornatus*. O ácaro predador foi 6,43 vezes mais tolerante ao óleo bruto de coco e 3,84 vezes mais tolerante ao óleo bruto de dendê que o ácaro-da-necrose. A CL_{50} do óleo bruto de dendê, estimada para *A. guerreronis*, não repeliu o ácaro predador e foi repelente ao ácaro-da-necrose apenas após 1 hora da exposição. A CL_{99} do óleo bruto de dendê repeliu o predador apenas após 1 hora da exposição e foi repelente ao ácaro-da-necrose após 1 e 24 horas. Somente a CL_{99} do óleo bruto de coco foi repelente ao ácaro-da-necrose, e não repeliu o predador. Adicionalmente, fêmeas de *T. ornatus* expostas e não expostas ao óleo bruto de coco apresentaram resposta funcional tipo III, indicando que a mortalidade de presas pode aumentar com o aumento da sua densidade, independente da exposição ao óleo. O tempo de manipulação e a taxa de ataque não foram alterados pela exposição do predador ao óleo bruto de coco. A oviposição de fêmeas do predador expostas a água destilada aumentou até a densidade de 200 presas, a partir da qual houve uma redução drástica na produção de ovos, mas, para fêmeas expostas ao óleo bruto de coco, houve um aumento crescente do número de ovos, no entanto com um menor pico. Em conclusão, os óleos brutos de coco e dendê são mais tóxicos e repelentes ao ácaro-da-necrose que ao ácaro predador *T. ornatus*, e o óleo bruto de coco é compatível com esse predador. Portanto, ambos os óleos poderiam ser usados em programas de manejo dessa praga.

Palavras-chave: ácaros predadores, *Cocos nucifera*, controle biológico, praga.

ABSTRACT

The coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) is a key pest of coconut worldwide. Predatory mites of the family Phytoseiidae are considered its main natural enemies, being *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* frequently reported in association with this pest mite. Crude vegetal oils have been used to control this pest however, there are few studies on the effect of these oils to the coconut mite and to predatory mites. The study aimed to evaluate the toxicity and repellency of crude coconut and palm oils to the coconut mite and the predatory mite *T. ornatus* as well as to assess the sublethal effect of crude coconut oil in functional and numerical response of the predatory mite *T. ornatus*. The predatory mite *T. ornatus* is 6.43 times more tolerant to crude coconut oil and 3.84 times more tolerant to crude palm oil than the coconut mite. The LC₅₀ of crude palm oil, estimated for *A. guerreronis*, did not repel the predatory mite and repelled the coconut mite only after 1 hour of exposure. The LC₉₉ of crude palm oil repelled the predator only after 1 hour of exposure and was repellent to the coconut mite after 1 and 24 hours. Only the LC₉₉ of crude coconut oil was repellent to the coconut mite, but was not repellent to the predator. Additionally, sprayed and unsprayed females of *T. ornatus* presented a type III functional response, indicating that the mortality of prey increase with increasing density irrespective of oil spraying. Handling time and attack rate did not changed by exposing the predator to crude coconut oil. The oviposition of predator females exposed to distilled water increased until the density 200, from which there was a dramatic reduction in egg production, but for females exposed to crude coconut oil, there was an increasing number of eggs produced although with a lower peak. In conclusion, the crude coconut and palm oils were more toxic and repellent to coconut mite in comparison with the predatory mite *T. ornatus*, and the coconut oil is compatible with this predator. Therefore, both oils could be used in management programs of this pest mite.

Keywords: biological control, *Cocos nucifera*, pest, predators mites.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1 Perfil de ácidos graxos dos óleos brutos de coco e dendê..... 26

Tabela 2 Concentrações letais (CLs) ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$ e $\mu\text{L}/\text{mL}$) dos óleos brutos de dendê e de coco ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* ($\chi^2 = 7,7370$, $P = 0,0518$; $\chi^2 = 3,2278$, $P = 0,1991$, respectivamente) e ao ácaro predador *T. ornatus* ($\chi^2 = 11,9703$, $P = 0,0626$; $\chi^2 = 7,3845$, $P = 0,1169$, respectivamente) estimadas com base em bioensaios de concentração-mortalidade usando análises de Probit..... 27

Capítulo 3

Tabela 1 Parâmetros estimados da regressão logística da proporção de adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* consumidos por fêmeas do ácaro predador *T. ornatus* expostas a água destilada e à CL_{99} do óleo bruto de coco..... 54

Tabela 2 Estimativas médias (\pm EP) e intervalos de confiança para os parâmetros taxa de ataque (a') e tempo de manipulação (Th) de fêmeas do ácaro predador *T. ornatus* predando adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* durante 24 horas..... 55

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1 Colônia do ácaro-da-necrose *A. guerreronis*. 09

Figura 2 Ácaro predador *T. ornatus*. 11

Capítulo 2

Figura 1 Repelência da CL₅₀ e da CL₉₉ do óleo bruto de dendê ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* (a) e ao ácaro predador *T. ornatus* (b). Barra com área não pulverizada (preto) e pulverizada (branco)..... 28

Figura 2 Repelência da CL₅₀ e da CL₉₉ do óleo bruto de coco ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* (a) e ao ácaro predador *T. ornatus* (b). Barra com área não pulverizada (preto) e pulverizada (branco)..... 29

Capítulo 3

Figura 1 Número de adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* consumidos por fêmeas adultas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à água destilada (controle) e à CL₉₉ do óleo bruto de coco em função da densidade de presas..... 56

Figura 2 Proporção de adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* consumidos por fêmeas adultas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à água destilada (controle) e à CL₉₉ do óleo bruto de coco em função da densidade de presas..... 57

Figura 3 Número de ovos postos por fêmeas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à água destilada em função da densidade de presas..... 58

Figura 4 Número de ovos postos por fêmeas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à CL₉₉ do óleo bruto de coco em função da densidade de presas..... 59

SUMÁRIO

	Resumo.....	i
	Abstract.....	ii
	Lista de Tabelas.....	iii
	Lista de Figuras.....	iv
1.	Capítulo 1 Introdução Geral.....	7
1.1.	Importância econômica do coqueiro <i>Cocos nucifera</i>	8
1.2.	Ácaro-da-necrose <i>Aceria guerreronis</i>	8
1.3.	Manejo Integrado de Pragas (MIP).....	9
1.3.1.	Controle biológico.....	9
1.3.2.	Controle alternativo.....	11
1.4	Panorama atual e expectativas para o controle do ácaro-da-necrose..	12
	Referências.....	13
2.	Capítulo 2: Toxicidade e repelência de óleos brutos vegetais a <i>Aceria guerreronis</i> e ao ácaro predador <i>Typhlodromus (Anthoseius) ornatus</i> (Acari: Eriophyidae; Phytoseiidae).....	18
	Resumo.....	19
	Abstract.....	20
	Introdução.....	20
	Material e Métodos.....	22
	Resultados	25
	Discussão.....	30
	Agradecimentos.....	31
	Referências.....	32
3.	Capítulo 3: O óleo bruto de coco não interfere na resposta funcional de <i>Typhlodromus (Anthoseius) ornatus</i> a <i>Aceria guerreronis</i> (Acari: Phytoseiidae, Eriophyidae).....	37
	Resumo.....	38
	Abstract.....	39
	Introdução.....	40

Material e métodos.....	41
Resultados.....	44
Discussão.....	45
Agradecimentos.....	48
Referências.....	48
Tabelas.....	54
Figuras.....	56
4. Conclusão Geral.....	60
Anexo A: Normas da revista Neotropical Entomology.....	61
Anexo B: Normas da revista Experimental and Applied Acarology.....	71

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1. Introdução Geral

1.1. Importância econômica do coqueiro (*Cocos nucifera* L.)

A cultura do coqueiro, *C. nucifera* L., é largamente difundida nas regiões tropicais e sua exploração comercial abrange aproximadamente 90 países, onde encontra melhores condições de cultivo como solos arenosos, intensa radiação solar, umidade e boa precipitação (SIQUEIRA et al., 2002).

O coqueiro é uma palmeira de grande significado agrícola por causa da quantidade de empregos e renda que gera em vários países onde é cultivada. Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou industrializados na forma de mais de 100 produtos e subprodutos. Além disso, raiz, estipe, inflorescência, folhas e palmito geram diversos subprodutos ou derivados de interesse econômico (MIRISOLA FILHO, 2002).

As áreas de cultivo e de produção de coqueiro têm sido intensificadas nos últimos anos em várias partes do mundo. O Brasil ocupa lugar de destaque entre os maiores produtores mundiais de coco (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011). Atualmente, o país é o quarto maior produtor mundial com uma produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas, em uma área colhida de 257 mil ha. Em termos de produtividade, o Brasil lidera o ranking dos países com maior rendimento (FAO, 2014).

A evolução brasileira na produção de frutos do coqueiro ocorre pelo acréscimo das áreas de cultivo, mas principalmente pelo incremento tecnológico na condução e manejo dos coqueirais em quesitos como adubação, sistemas intensivo de cultivos, variedades melhoradas de coqueiros anão e híbridos, que conjuntamente propiciaram aumento da produtividade e avanço da cultura para novas fronteiras agrícolas (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011).

1.2. Ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis*

O ácaro-da-necrose, *Aceria guerreronis* Keifer, é uma séria praga do coqueiro na maioria das regiões produtoras do mundo (LAWSON-BALAGBO et al. 2008; REIS et al. 2008; NÁVIA et al., 2013), e é encontrado principalmente sob o perianto dos frutos jovens, onde se alimenta do tecido meristemático, prejudicando o crescimento do fruto, causando sua distorção, rachaduras superficiais e queda de frutos novos (HAQ et al., 2002).

O ácaro-da-necrose tem corpo alongado e vermiforme, tamanho microscópico e possui apenas dois pares de pernas na parte anterior do corpo (MORAES; FLECHTMANN, 2008) (Figura 1). A larva do ácaro-da-necrose é muito pequena, vermiforme e quase transparente. Os ovos são geralmente ovais, quase transparentes e brilhantes (SOBHA; HAQ, 2011).

O hábito do ácaro-da-necrose de se desenvolver no perianto dificulta seu controle, pois nesse local fica protegido da ação direta dos acaricidas por ocasião das pulverizações (FERREIRA et al., 2002; MONTEIRO et al., 2012), e de muitos inimigos naturais que por serem maiores, não conseguem ter acesso a esse local (LIMA et al., 2012). A disseminação natural do ácaro-da-necrose ocorre através do caminhamento entre frutos do mesmo cacho, pelo vento ou por associação com insetos vetores (GALVÃO et al., 2012).



Figura 1. Colônia do ácaro-da-necrose *A. guerreronis*. Foto: Teodoro, A.V.

1.3. Manejo Integrado de Pragas

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) visa a integração de várias táticas de manejo ao invés de se basear no controle pelo uso exclusivo de agrotóxicos (KOGAN, 1998). O MIP consiste num processo de tomada de decisão envolvendo o uso coordenado de múltiplas táticas para aperfeiçoar o controle de pragas de uma maneira sustentável e economicamente compatível (GALLO et al., 2002; PROKOPY; KOGAN, 2003). No entanto, apesar do MIP ter como base diferentes métodos de controle sendo usados de forma integrada, as táticas mais utilizadas são o controle químico e os agentes de controle biológico (GALLO et al., 2002).

1.3.1. Controle Biológico

O controle biológico pode ser definido como a regulação da população de um organismo dentro de certos limites, superior e inferior, por um período de tempo, por qualquer combinação de fatores naturais (MORAES; FLECHTMANN, 2008). O controle de pragas por meio de agentes biológicos é uma opção desejável para evitar aplicações químicas e aumentar a proteção ambiental (AHMED; LEATHER, 2011). Atualmente, o controle biológico assume importância cada vez maior no MIP. Além disso, é importante como medida de controle, para

manutenção das pragas abaixo do nível de dano econômico, junto a outros métodos, como o cultural, o físico, o de resistência de plantas a insetos e os comportamentais que podem ser integrados com métodos químicos (PARRA et al., 2002).

Os ácaros da família Phytoseiidae são agentes de controle biológico promissores para o manejo de ácaros-praga, uma vez que vêm sendo utilizados com sucesso em programas de controle biológico em diversas culturas (SANCHEZ et al., 2008; SOUZA-PIMENTEL et al., 2014). Os fitoseídeos apresentam características como desenvolvimento rápido (SAWAR et al., 2011), alta habilidade de forrageamento, persistência em plantas com baixa infestação de presas (FERLA et al., 2011), capacidade de sobrevivência, pois muitos se alimentam também de pólen, fungos, substâncias açucaradas produzidas por insetos e exsudatos de plantas, essas características são importantes para o controle biológico (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Trabalhos vêm sendo conduzidos para encontrar predadores que possam ser utilizados no controle biológico do ácaro-da-necrose (DOMINGOS et al., 2010; NEGLOH et al. 2011; GALVÃO et al., 2011; ARATCHIGE et al., 2012; LIMA et al. 2012; LIMA et al., 2015). Ácaros das famílias Phytoseiidae, Melicharidae e Bdellidae são encontrados associados ao ácaro-da-necrose. Os ácaros predadores *Neoseiulus baraki* Athias-Henriot e *N. paspalivorus* De Leon vêm sendo estudados para controle dessa praga (GALVÃO et al., 2011; LIMA et al., 2012; LIMA et al., 2015) por terem o corpo achatado e pernas curtas, características que os permite explorar a região abaixo das brácteas dos frutos onde *A. guerreronis* coloniza (CHANT e MC MURTRY, 2003; REIS et al., 2008). No entanto, outros predadores como *Amblyseius largoensis* (Muma), *A. operculatus* De Leon, *A. tomatavensis* Blommers, *Euseius alatus* DeLeon, *E. citrifolius* Denmark & Muma, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Phytoseiidae), *Proctolaelaps bickleyi* Bram, *P. bulbosus* Moraes, Reis e Gondim Jr (Melicharidae), *Bdella ueckermanni* Hernandez, Daud e Feres (Bdellidae) e *Typhlodromus ornatus* são referidos também como inimigos naturais do ácaro-da-necrose (NAVIA et al., 2005; LAWSON-BALAGBO et al., 2008; GALVÃO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012; SOUZA et al., 2012; TEODORO et al., 2014). No entanto, essas espécies predam o ácaro-da-necrose principalmente quando a praga deixa a proteção do perianto ou antes da colonização de frutos novos, durante seu processo de dispersão (GALVÃO et al. 2012). O ácaro predador *T. ornatus* (Figura 2) é um importante agente do controle natural do ácaro-da-necrose (SILVA, 2014). Este fitoseídeo é classificado como um generalista do tipo III, pois além de pequenos artrópodes, *T. ornatus* alimenta-se também de recursos alternativos como pólen e néctar (MC MURTRY e CROFT, 1997).



Figura 2. Ácaro predador *T. ornatus*. Foto: Silva, M. J. S.

1.3.2. Controle alternativo

Métodos de controle alternativos ao controle químico vêm sendo estudados, e incluem o uso de substâncias de origem vegetal como, por exemplo, extrato e óleos vegetais (CARVALHO et al., 2009).

Em programas de manejo integrado de pragas, produtos com propriedades acaricidas e ou repelentes podem ser utilizados, uma vez que possuem, geralmente, curto efeito residual podendo ser compatíveis com o controle biológico (CHIASSEON; BOSTANIAN; VINCENT, 2004). Alguns estudos utilizando produtos alternativos vêm sendo desenvolvidos (FREITAS et al., 2006; BEGUM et al., 2013; SILVA, 2014), a exemplo do óleo de algodão que vem sendo utilizado com o objetivo de controlar o ácaro-da-necrose (CHAGAS et al., 2005; TEODORO et al., 2014). No entanto, alguns produtos alternativos podem causar mortalidade e/ou repelência a inimigos naturais de pragas, como aos ácaros predadores (DESNEUX et al., 2007; ESTEVES FILHO et al., 2013).

Os artrópodes podem evitar o efeito letal de alguns produtos, através da resistência comportamental estímulo-dependente, como a repelência (resposta comportamental após contato com a substância tóxica) e a irritabilidade (resposta comportamental com pouco ou nenhum contato com a substância) (GEORGHIOU, 1972; LOCKWOOD et al., 1984; CORDEIRO et al., 2010). A toxicidade de produtos a artrópodes vem sendo tradicionalmente avaliada por meio de medidas letais como a concentração letal (CL) (DESNEUX et al., 2007). A CL_{50} é definida como a concentração que mata 50% da população do organismo em estudo (DESNEUX et al., 2007), portanto, uma estimativa da toxicidade de agrotóxicos a artrópodes.

1.4. Panorama atual e expectativas para o controle do ácaro-da-necrose

Em busca de minimizar os danos causados por *A. guerreronis*, alguns métodos de controle foram estudados, e dentre os quais destacam-se a resistência de plantas (MOORE; ALEXANDER 1990), o controle químico (RAMARETHINAM et al. 2003), e o controle biológico por meio de fungos patogênicos a ácaros (MUTHIAH et al. 2001) e ácaros predadores (DOMINGOS et al. 2010; GALVÃO et al., 2011; ARATCHIGE et al., 2012; LIMA et al. 2012; SILVA, 2014; LIMA et al., 2015).

No entanto, o controle químico é o principal método de controle dessa praga (MONTEIRO et al. 2012; LIMA et al. 2015), apesar da difícil implementação, devido ao porte da cultura e ao elevado custo desta prática (RAMARAJU et al., 2002), outra dificuldade é o habitat da praga que é protegido por brácteas dificultando o contato dos acaricidas (MONTEIRO et al., 2012).

No Brasil, sete acaricidas com os princípios ativos azadiractina, abamectina, espirodiclofeno, fenpiroximato, hexitiazoxi estão atualmente registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle do ácaro-da-necrose em coqueiro (AGROFIT, 2016). Todavia, o uso intensivo de agrotóxicos aumenta os problemas ambientais, pois muitos produtos são de amplo espectro de ação e persistentes no ambiente, causando desequilíbrio biológico, devido à ação sobre organismos não alvos, incluindo agentes de controle biológico (GEIGER et al., 2011; MAMPRIM et al., 2013).

Nesse contexto, é importante a avaliação da toxicidade de produtos químicos e alternativos tanto ao ácaro-da-necrose quanto a ácaros predadores. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade dos óleos brutos de coco e dendê ao ácaro-da-necrose e ao ácaro predador *T. ornatus* bem como avaliar a compatibilidade do óleo bruto de coco na resposta funcional e numérica do predador *T. ornatus*.

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: 20 jan. 2016.

AHMED, S. I.; LEATHER, S. R. Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management some points for consideration **International Journal of Pest Management**, v. 40, p. 287-292. 2011.

ARATCHIGE, N. S., FERNANDO, L. C. P., WAIDYARATHNE, K. P., CHANDRASIRI, K. A. S. Population dynamics of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its predatory mite, *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae) in two coconut growing areas in Sri Lanka. **Experimental and Applied Acarology**, v. 56, p. 319-325. 2012.

BEGUM, N.; RAMESH, B.; POOJITHA. Efficacy of botanicals/ biopesticides against active stages of Eriophyide mite *Aceria guerreronis* (k) in Machenahalli, Shimoga, Karnataka. **Discovery Science**, v. 3, n. 9, p. 20-23. 2013.

CARVALHO, L. M.; BUENO, V. H. P.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SILVA, R. A.; REIS, P. R. Pragas na floricultura: identificação e controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 36-46. 2009.

CHAGAS, M. C. M.; BARRETO, M. F. P.; SOBRINHO, J. F. S.; SOBRINHO, E. E. Utilização de produtos alternativos aos químicos no controle de pragas associadas à queda dos frutos do coqueiro. Natal: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. 2005.

CHIASSON, H.; BOSTANIAN, N. J.; VINCENT, C. Acaricidal properties of a *Chenopodium*-based botanical. **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.1373-1377. 2004.

CHANT, D. A.; MC MURTRY, J. A. A review of the subfamily Amblyseiinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part I. Neoseiulini new tribe. **International Journal of Acarology**, v. 29, p. 3-46. 2003.

CORDEIRO, E. M. G.; CORRÊA, A. S.; VENZON, M.; GUEDES, R. N. C. Insecticide survival and behavioural avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. **Chemosphere**, v. 81, p. 1352-1357. 2010.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106. 2007.

DOMINGOS, C. A.; MELO, J. W. S.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAES, G. J. HANNA, R.; LAWSON-BALAGBO, L. M.; SCHAUSBERGER, P. Diet-dependent life history, feeding preference and thermal requirements of the predatory mite *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 50, p. 201-215. 2010.

ESTEVES FILHO, A. B.; OLIVEIRA, J. V.; TORRES, J. B.; MATOS, C. H. C. Toxicidade de espiromesifeno e acaricidas naturais para *Tetranychus urticae* Koch e compatibilidade com *Phytoseiulus macropilis* (Banks). **Semina**, v. 34, p. 2675-2686. 2013.

FAO 2014. **World production**. Disponível em: www.faostat.org.br. Acesso em: 09 jan. 2016.

FERLA, N. J.; MARCHETTI, M.; JOHANN, L.; HAETINGER, C. Functional response of *Phytoseiulus macropilis* under different *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) population density in laboratory. **Zoologia**, v. 28, p. 17-22. 2011.

FERREIRA, J. M. S.; MICHEREFF FILHO, M.; LINS, P. M. P. LINS. Pragas de Coqueiro: características, amostragem, nível de ação e principais métodos de controle, In: FERREIRA, J. M. S.; MICHEREFF FILHO, M (Ed.). **Produção integrada de coco: práticas fitossanitárias**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 37-54. 2002.

FREITAS, J. D. B.; INNECCO, R.; MENDES, A. J. P.; GONÇALVES, M. E. C. Controle alternativo do ácaro-da-necrose-do-coqueiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, p.314-319. 2006.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Manual de entomologia agrícola**. PIRACICABA- SP, FEALQ, 920 p. 2002.

GALVÃO, A. S.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAES, G. J. Life history of *Proctolaelaps bulbosus* feeding on the coconut mite *Aceria guerreronis* and other possible food types occurring on coconut fruits. **Experimental and Applied Acarology**, v. 53, p. 245- 252. 2011.

GALVÃO, A. S.; MELO, J. W. S.; MONTEIRO, V. B.; LIMA, D. B.; MORAES, G. J.; GONDIM JR, M. G. C. Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 1-13. 2012.

GEIGER, F.; BENGTSSON, J.; BERENDSE, F.; WEISSER, W. W.; EMMERSON, M.; MORALES, M. B.; CERYNGIER, P.; LIIRA, J.; TSCHARNTKE, T. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farm land. **Basic and Applied Ecology**, v. 11, p. 97-105. 2011.

GEORGHIOU, P. G. The evolution of resistance to pesticides. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 3, p. 133-168. 1972.

HAQ, M. A.; SUMANGALA, K.; RAMANI, N. Coconut mite invasion, injury and distribution. In: FERNANDO, L C. P, MORAES, G. J, WICKRAMANANDA, I. R (eds.). *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, p. 41-49. 2002.

KOGAN, M. Integrated pest anagement: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 243-270. 1998.

LAWSON-BALAGBO, L. M.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAES, G. J.; HANA, R.; SCHAUSBERGER, P. Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. **Bulletin of Entomological Research**, v. 98, p. 83-96. 2008.

- LIMA, D. B.; MELO, J. W. S.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAES, G. J. Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 56, p. 233-246. 2012.
- LIMA, D. B.; MELO, J. W. S.; GONDIM JR, M. G. C.; GUEDES, J. R. N. C.; OLIVEIRA, E. M.; PALLINI, A. Acaricide-impaired functional predation response of the phytoseiid mite *Neoseiulus baraki* to the coconut mite *Aceria guerreronis*. **Ecotoxicology**, v. 24, p. 1124–1130. 2015.
- LOCKWOOD, J. A.; SPARKS T. C.; STORY, R. N. Evolution of insect resistance to insecticides: a reevaluation of the roles of physiology and behaviour. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v. 30, p. 41-51. 1984.
- MAMPRIM, A. P.; ALVES, L. F. A.; PINTO, F. G. S.; FORMENTINI, M. A.; MARTINS, C. C.; BONINI, A. K. Efeito de defensivos agrícolas naturais e extratos vegetais sobre parâmetros biológicos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok. **Semina**, v. 34, p. 1451-1466. 2013
- MARTINS, C. B.; JESUS JUNIOR, L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional- Panorama 2010**. Sergipe: Embrapa Tabuleiros Costeiros. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 164) 32p. 2011.
- MC MURTRY, 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.
- MONTEIRO, V. B.; LIMA, D. B.; GONDIM JR, M. G. C.; SIQUEIRA, H. A. A. Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. **Journal of Economic Entomology**, v.105, p. 1419-142. 2012.
- MOORE, D.; ALEXANDER, L. Resistance of coconut in St. Lucia to attack by the coconut mite *Eriophyes guerreronis* Keifer. **Tropical Agriculture**, v. 67, p. 33-36. 1990.
- MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 308p. 2008.
- MIRISOLA FILHO, L. A. **Cultivo de coco Anão**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 344 p. 2002.
- MUTHIAH, C.; BHASKARAN, R.; KANNAIYAN, S. Bio-ecology and control of eriophyid mite of coconut – an Indian experience. **The planter**, v. 77, p. 255-263. 2001.
- NÁVIA, D.; MORAES, G. J.; LOFEGO, A. C.; FLECHTMANN, C. H. W. Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 349-354. 2005.
- NAVIA, D.; GONDIM JR, M. G. C.; ARATCHIGE. N. S. MORAES, G. J. A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. **Experimental and Applied Acarology**, v. 59, p. 67–94. 2013.

NEGLOH, K.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. **Experimental and Applied Acarology**, v. 55, p. 361–374. 2011.

OLIVEIRA, D. C.; MORAES, G. J.; DIAS, C. T. S. Status of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) as a pest of coconut in the state of Sao Paulo, Southeastern Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 41, p. 315–323. 2012

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, p. 609. 2002.

PROKOPY, R. J.; KOGAN, M. Integrated pest management. In: RESH, V. H.; CARDÉ, R.T. (Ed.). **Encyclopedia of Insects**. New York, Academic Press, p. 4-9. 2003.

RAMARETHINAM, S.; MURUNGESAN, N. V.; MARIMUTHU, S. Studies on the effect of biologicals in the control of coconut mite *Aceria guerreronis* (Keifer) (Eriophyes). **Pestology**, v. 23, p. 11-16. 2003.

RAMARAJU, K.; NATARAJAN, K.; BABU, P. C. S.; PALNISAMY, S.; RABINDRA, R. J. Studies on coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tamil Nadu, Índia, p.13-31. In FERNANDO, L. C. P.; MORAES, G. J.; WICKRAMANANDA, I. R (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p. 2002.

REIS, A. C.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAES JR, 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.

SANCHEZ, N. E.; GRECO, N. M.; CÉDOLA, C. V. Biological control by *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Encyclopedia of Entomology**, p. 493-497. 2008.

SAWAR, M. et al. The potential of four mite species (Acari: Phytoseiidae) as predators of sucking pests on protected cucumber (*Cucumis sativus* L.) crop. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 1, p. 73-78, 2011.

SILVA, M. J. S. Controles alternativo e biológico do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae). 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão. 2014.

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

SOBHA, T. R.; HAQ, M. A. Postembryonic development of the coconut mite, *Aceria guerreronis*, on coconut in Kerala, India. **Zoosymposia**, v. 6, p. 68-71, 2011.

SOUZA, I. V.; GONDIM JR, M. G. C.; RAMOS, A. L. R.; SANTOS, E. A.; FERRAZ, M. I. F.; OLIVEIRA, A. R. Population dynamics of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and other mites associated with coconut fruits in Una, state of Bahia, northeastern Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 58, p. 221-233, 2012.

SOUZA-PIMENTEL, G. C.; REIS, P. R.; SILVEIRA, E. C.; MARAFELI, P. P.; SILVA, E. A.; ANDRADE, H. B. Biological control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) on rosebushes using *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) and agrochemical selectivity. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 40, p. 80-84. 2014.

TEODORO, A. V.; FERREIRA, J. M. S.; SILVA, S. S.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; VASCONCELOS, J. F.; GUZZO, E.C. Aspectos bioecológicos e manejo do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **Comunicado Técnico 135**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 6 p. Sergipe- Aracaju. 2014.

CAPÍTULO 2

Toxicidade e repelência de óleos brutos vegetais a *Aceria guerreronis* e ao ácaro predador *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* (Acari: Eriophyidae; Phytoseiidae)

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

Toxicidade e repelência de óleos brutos vegetais a *Aceria guerreronis* e ao ácaro predador *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* (Acari: Eriophyidae; Phytoseiidae)

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade e repelência dos óleos brutos de coco e dendê ao ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) e ao ácaro predador *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* (Acari: Phytoseiidae). Bioensaios de concentração-mortalidade foram realizados para estimar as concentrações letais (CLs) e a repelência de ambos os óleos aos ácaros. Adicionalmente foi realizada a análise dos perfis químicos dos óleos. A análise cromatográfica mostrou que o ácido láurico (12:0) foi o composto principal no óleo bruto de coco enquanto para o óleo bruto de dendê o principal composto foi o ácido linoleico (18:2). O ácaro predador foi 6,43 vezes mais tolerante ao óleo bruto de coco e 3,84 vezes mais tolerante ao óleo bruto de dendê que o ácaro-da-necrose. A CL₅₀ do óleo bruto de dendê, estimada para *A. guerreronis*, não repeliu o ácaro predador e foi repelente ao ácaro-da-necrose apenas após 1 hora da exposição. A CL₉₉ do óleo bruto de dendê repeliu o predador apenas após 1 hora da exposição e foi repelente ao ácaro-da-necrose após 1 e 24 horas. Somente a CL₉₉ do óleo bruto de coco foi repelente ao ácaro-da-necrose, e não repeliu o predador. Conclui-se que os óleos brutos de coco e dendê foram mais tóxicos e repelentes ao ácaro-da-necrose que ao ácaro predador, portanto poderiam ser usados no controle alternativo desta praga.

Palavras chave: ácaro predador, *Cocos nucifera*, controle biológico, praga.

Toxicity and repellence of vegetable crude oils to *Aceria guerreronis* and predatory mite *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* (Acari: Eriophyidae; Phytoseiidae)

Abstract

The objective of this study was to evaluate the toxicity and repellence of crude coconut and palm oils to coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and to the predatory mite *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* (Acari: Phytoseiidae). Concentration-mortality bioassays were performed to estimate the lethal concentrations (LCs) and repellence of both oils to the mites. Additionally, the chemical profiles of both oils was determined. The chromatographic analysis showed that the lauric acid (12:0) was the main compound in crude coconut oil while linoleic acid (18: 2) was the main compound for the crude palm oil. The predatory mite was 6.43 times more tolerant to crude coconut oil and 3.84 times more tolerant to crude palm oil than the coconut mite. The LC₅₀ of crude palm oil, estimated for *A. guerreronis*, did not repel the predatory mite and it was repellent to coconut mite only after 1 hour of exposure. The LC₉₉ of crude palm oil repelled the predator only after 1 hour of exposure and it was repellent to the coconut mite after 1 and 24 hours. Only the LC₉₉ of crude coconut oil was repellent to the coconut mite, and it did not repel the predator. We conclude that the crude coconut and palm oils were more toxic and repellent to coconut mite in comparison with the predatory mite, and therefore they could be used in alternative control of this pest.

Keywords: predatory mite, *Cocos nucifera*, biological control, pest.

Introdução

O ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) é considerado uma praga chave do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no Brasil e no mundo (Lawson-Balagbo et al., 2008; Návia et al., 2013). Este eriofídeo se desenvolve protegido no perianto dos frutos, área coberta pelas brácteas (Monteiro et al., 2012). O ataque do ácaro causa manchas claras

triangulares nos frutos, as quais se expandem e se tornam necrosadas, com rachaduras longitudinais de aspecto coriáceo na epiderme. O ataque também pode provocar abortamento de frutos (Nair, 2002; Návía et al., 2013).

O manejo do ácaro-da-necrose é feito principalmente pelo controle químico (Monteiro et al., 2012; Lima et al., 2015), contudo, o uso abusivo de agrotóxicos além da intoxicação de pessoas e a contaminação ambiental, pode causar efeitos adversos sobre inimigos naturais de pragas, afetando, portanto, o controle biológico (Geiger et al., 2011; Cordeiro et al., 2013). Os óleos brutos de coco e de dendê são obtidos pela prensagem do endosperma carnoso e do mesocarpo dos frutos, respectivamente, e vêm sendo usados empiricamente no controle de pragas. Óleos vegetais são, geralmente, eficientes no controle de pragas e pouco tóxicos a inimigos naturais (Ferreira et al., 2002; Isman, 2008; Khater, 2012).

Os ácaros predadores da família Phytoseiidae ocorrem naturalmente em plantas de coqueiro e são os principais inimigos naturais do ácaro-da-necrose (Lawson-Balagbo et al., 2008; Negloh et al., 2011; Návía et al., 2013). O fitoseídeo *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) é encontrado em frutos de coqueiro no nordeste do Brasil e está possivelmente associado ao controle biológico do ácaro-da-necrose (Návía et al., 2005; Reis et al., 2008). Este predador é considerado generalista do tipo III que além de pequenos artrópodes se alimenta de recursos alternativos como pólen e néctar (McMurtry & Croft, 1997). Como o ácaro predador *T. ornatus* é encontrado na superfície de frutos de coqueiro, é importante levar em consideração o possível efeito adverso tanto de agrotóxicos como de produtos alternativos a este predador. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade e repelência dos óleos brutos de coco e dendê ao ácaro-da-necrose e ao ácaro predador *T. ornatus*, bem como avaliar a composição química dos óleos brutos de coco e dendê utilizando métodos cromatográficos.

Material e Métodos

Extração de óleo e trans-metilação

Aliquotas dos óleos brutos de coco e dendê (100 mg) foram pesadas individualmente em tubos de ensaio de 2 mL âmbar GC (Cromatográfica gasosa) e 1 mL de hexano foi adicionado em cada amostra, em seguida as mesmas foram centrifugadas durante 1 min. para formar ácidos graxos de éster metílico, foi adicionado nas amostras 400 μ L de 0,5 M de KOH em base de MeOH, aqueceu-se a 70°C durante 10 minutos e foram centrifugadas a cada dois minutos. Após arrefecimento, foram adicionados 1 mL da solução e 1 mL de hexano e centrifugado novamente. Depois deste processo 1 mL da fase orgânica foi transferido para outro frasco de auto injector de cromatografia em fase gasosa.

Condições cromatográficas

Foram realizadas análises de cromatográfica gasosa (GC) usando um Perkin Elmer (Shelton, CT, EUA) Clarus 500 cromatógrafo a gás, equipado com detector de ionização de chama (FID) e software TC Navigator. A separação dos compostos foi conseguida com um Perkin Elmer Elite Lote 5 de coluna capilar (5% de difenil - 95% de dimetilpolissiloxano, 30 m X 0,25 mm i.d. X espessura do filme de 0,25 μ m) e N₂ como gás foi transportado a uma taxa de 1,2 mL/min. A programação das temperaturas da coluna foram: 120°C de pressão por 1 min, 250°C à 4°C/min e seguindo aquecida a 280°C à 5°C /min. As temperaturas do injector e detector foram 250°C e 280°C, respectivamente. As amostras (0,5 mL em hexano) foram injectadas com uma proporção de separação de 01:20.

Criação do ácaro predador *Typhlodromus ornatus*

A criação do ácaro predador *T. ornatus* foi estabelecida com indivíduos coletados em frutos de coqueiro oriundos do campus da Universidade Estadual do Maranhão em São Luís. Colônias de *T. ornatus* foram mantidas em laboratório (temperatura 27,0 \pm 3,0°C, umidade

relativa $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo natural) em discos de PVC (5 cm de diâmetro) flutuando em placas de Petri sem tampa (9 cm de diâmetro por 1,5 cm de profundidade) contendo água destilada para evitar a fuga dos ácaros (Reis et al., 1998). No centro de cada arena foi feito um pequeno orifício para passagem de um alfinete colado no fundo da placa de Petri com cola de silicone. Fios de algodão recobertos com PVC transparente (18 x 18 mm) recurvado foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. Os ácaros foram alimentados diariamente com pólen de mamona (*Ricinus communis* L.) (Reis & Alves, 1997).

Toxicidade dos óleos brutos de coco e dendê a *A. guerreronis* e *T. ornatus*

Bioensaios de concentração-mortalidade foram realizados para determinar as concentrações letais (CLs) dos óleos brutos de coco e dendê ao ácaro-da-necrose e ao ácaro predador *T. ornatus*. As concentrações dos óleos brutos de dendê e coco utilizadas foram selecionadas por meio de bioensaios iniciais, situando-se entre os limites inferior (0%) e o superior (100%) de mortalidade ao ácaro-da-necrose e ao ácaro predador. As concentrações utilizadas para o ácaro-da-necrose variaram de 1,7 a 17 μL do óleo bruto de dendê e de 3,4 a 25,5 μL do óleo bruto de coco/mL de água destilada. As concentrações utilizadas para o ácaro predador *T. ornatus* variaram de 13,6 a 42,5 μL do óleo bruto de dendê e de 17 a 68 μL do óleo bruto de coco/mL de água destilada. Para cada concentração, 10 μL de detergente neutro foram utilizados como adjuvante. Os produtos foram pulverizados através de uma torre de Potter (Burkard, Rickmansworth, Reino Unido) a uma pressão de 5psi/pol² e um volume de calda de 1,7 mL, o que corresponde a um depósito de $1,8 \pm 0,1$ mg/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).

As arenas para o ácaro-da-necrose foram confeccionadas com a epiderme do perianto de frutos novos colocadas em placas de Petri (15 cm de diâmetro e 2 cm 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 cm de diâmetro foi aberta com o auxílio de um vazador expondo a área da epiderme do fruto que serviu de unidade experimental. Para o ácaro predador, foram utilizadas as mesmas arenas descritas na metodologia de criação.

Após a pulverização, as arenas foram expostas ao ambiente por 30 minutos para secagem. Arenas do tratamento controle foram pulverizadas com água destilada. Para o ácaro-da-necrose, 30 adultos foram transferidos com o auxílio de um pincel para cada arena pulverizada. Dez arenas (repetições) foram utilizadas para cada concentração dos óleos testados. Para *T. ornatus*, sete fêmeas adultas no início do período reprodutivo (8-10 dias de idade) foram transferidas para cada arena. Sete arenas foram utilizadas para cada concentração dos óleos testados. As fêmeas do predador foram alimentadas com pólen de mamona colocado sobre pedaços de PVC 0,5 cm² para evitar o contato do pólen com o produto. As avaliações foram realizadas após 24h da exposição dos ácaros aos produtos e foram considerados mortos os ácaros que não se moviam, ao serem tocados levemente com um pincel. Os dados de mortalidade do ácaro-da-necrose e do predador foram submetidos a análises de Probit utilizando o software SAS (SAS Institute, 2002) para obtenção das curvas de concentração resposta para os óleos brutos de dendê e coco.

Repelência dos óleos brutos de coco e dendê a *A. guerreronis* e *T. ornatus*

Foram realizados bioensaios de repelência dos óleos brutos de coco e de dendê ao ácaro-da-necrose e ao ácaro predador *T. ornatus*. Foram utilizadas a $CL_{50} = 0,383 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ (equivalente a 0,44 %) e a $CL_{99} = 1,274 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ (1,47 %) do óleo bruto de dendê e a $CL_{50} = 0,387 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ (0,44 %) e a $CL_{99} = 1,033 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ (1,19 %) do óleo bruto de coco ao ácaro-da-necrose, as quais foram determinadas pela análise de Probit. A CL_{50} e a CL_{99} do óleo bruto de dendê utilizadas corresponderam a um valor menor que a CL_1 e a CL_{30} (1,277 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$; 1,47 %) estimadas para o ácaro predador, respectivamente. A CL_{50} e a CL_{99} do óleo bruto de coco

utilizadas corresponderam a valores menores que a CL_1 estimada para o ácaro predador. Os óleos foram pulverizados através 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 os óleos (Teodoro et al., 2009; Silva, 2014). A área não tratada foi coberta com duas camadas de fita adesiva durante a pulverização dos produtos (Figura 2).

Após 30 minutos da pulverização das arenas, adultos do ácaro-da-necrose e de *T. ornatus* foram transferidos individualmente para o centro das arenas constituídas com pedaços de epiderme (sobre um ponto de cola branca de 1,00 x 1,00 x 0,5 mm) e de PVC (sobre um pequeno pedaço de PVC transparente de 3,00 x 1,00 mm), respectivamente. As avaliações foram realizadas após 1 e 24 horas por meio do registro da posição dos ácaros no lado tratado ou não tratado das arenas. Foram realizadas 60 repetições para cada óleo testado. 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 Proc Freq do software SAS (SAS Institute, 2002).

Resultados

Composição dos óleos brutos de coco e dendê

A composição de ácidos graxos dos óleos brutos de coco e dendê mostraram a presença de compostos saturados e insaturados (Tabela 1). Para o óleo bruto de coco, o ácido láurico (12:0) foi o composto principal, seguido do ácido mirístico (14:0), linoleico (18:2) e palmítico (16:0). Para o óleo bruto de dendê, o ácido linoleico (18:2) foi o composto principal seguido do ácido palmítico (16:0), os demais ácidos graxos apresentaram-se em pequenas quantidades.

Tabela 1 Perfil de ácidos graxos dos óleos brutos de coco e dendê

Ácido graxo	Carbono	Óleo bruto de coco	Óleo bruto de dendê
Caproico	C6:0	5,79	0,06
Caprílico	C8:0	6,16	0,06
Cáprico	C10:0	0,03	-
Láurico	C12:0	27,23	-
Mirístico	C14:0	19,90	1,63
Palmítico	C16:0	15,21	34,79
Linoleico	C18:2	19,77	47,97
Araquídico	C20:0	0,16	0,81
Beenico	C22:0	0,04	0,14
Lignocérico	C24:0	0,09	0,18

Picos listados na tabela correspondem a de 94.38, e 85.64 % do total dos picos dos cromatogramas dos óleos de coco e dendê, respectivamente.

Toxicidade dos óleos brutos de coco e dendê a *A. guerreronis* e *T. ornatus*

A concentração do óleo bruto de dendê que causou 50% de mortalidade (CL_{50}) a adultos do ácaro-da-necrose foi menor (3,882 $\mu\text{L}/\text{mL}$) do que a CL_{50} estimada para adultos do ácaro predador *T. ornatus* (18,041 $\mu\text{L}/\text{mL}$). A concentração que causou 99% de mortalidade a adultos de ácaro-da-necrose (25,015 $\mu\text{L}/\text{mL}$) também foi menor que a CL_{99} estimada para *T. ornatus* (67,914 $\mu\text{L}/\text{mL}$). Similarmente, a CL_{50} (7,604 $\mu\text{L}/\text{mL}$) e a CL_{99} (20,285 $\mu\text{L}/\text{mL}$) do óleo bruto de coco estimadas para o ácaro-da-necrose foram menores que as CL_{50} (49,301 $\mu\text{L}/\text{mL}$) e CL_{99} (100,907 $\mu\text{L}/\text{mL}$) estimadas para o ácaro predador. Ambos os óleos foram igualmente tóxicos ao ácaro-da-necrose com base nos valores da CL_{50} (Tabela 2).

Tabela 2 Concentrações letais (CLs) ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$ e em $\mu\text{L}/\text{mL}$) dos óleos brutos de dendê e de coco ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* ($\chi^2 = 7,7370$, $P = 0,0518$; $\chi^2 = 3,2278$, $P = 0,1991$, respectivamente) e ao ácaro predador *T. ornatus* ($\chi^2 = 11,9703$, $P = 0,0626$; $\chi^2 = 7,3845$, $P = 0,1169$, respectivamente) estimadas com base em bioensaios de concentração-mortalidade usando análises de Probit. IC= Intervalo de Confiança.

	óleo bruto de dendê		óleo bruto de coco		
	$\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (IC)	$\mu\text{L}/\text{mL}$	$\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (IC)	$\mu\text{L}/\text{mL}$	
<i>Aceria guerreronis</i>	CL ₁₀	0,197 (0,081-0,282)	3,882 (1,594-5,543)	0,225 (0,185-0,257)	4,429 (3,654-5,054)
	CL ₂₅	0,270 (0,145-0,362)	5,311 (2,854-7,120)	0,291 (0,254-0,323)	5,722 (5,007-6,342)
	CL ₅₀	0,383 (0,261-0,508)	7,524 (5,138-9,977)	0,387 (0,351-0,427)	7,604 (6,896-8,412)
	CL ₈₀	0,519 (0,449-0,938)	11,620 (8,830-18,420)	0,551 (0,492-0,648)	10,845 (9,667-12,726)
	CL ₉₉	1,274 (0,839-3,853)	25,015 (16,477-75,670)	1,032 (0,836-1,436)	20,285 (16,425-28,210)
	CL ₁₀	0,918 (0,704-1,062)	18,041 (13,836-20,863)	1,692 (1,319-1,922)	33,227 (25,918-37,752)
<i>Typhlodromus ornatus</i>	CL ₂₅	1,148 (0,969-1,281)	22,549 (19,039-25,154)	2,040 (1,744-2,237)	40,056 (34,257-43,939)
	CL ₅₀	1,471 (1,323-1,646)	28,890 (25,989-32,337)	2,511 (2,298-2,741)	49,301 (45,126-53,828)
	CL ₈₀	2,004 (1,768-2,486)	39,359 (34,731-48,815)	3,253 (2,943-3,888)	63,884 (57,804-76,349)

CL ₉₉	3,458	67,914	5,139	100,907
	(2,714-5,587)	(53,297-109,708)	(4,194-7,825)	(82,361-153,649)

Repelência dos óleos brutos de coco e dendê a *A. guerreronis* e *T. ornatus*

A CL₅₀ do óleo bruto de dendê repeliu o ácaro-da-necrose apenas após 1 hora da exposição do ácaro ao produto e não foi repelente ao ácaro predador *T. ornatus*. A CL₉₉ deste óleo foi repelente ao ácaro-da-necrose após 1 e 24 horas de exposição e repeliu o predador apenas após 1 hora da exposição (Fig 1). O óleo bruto de coco não foi repelente ao predador e repeliu o ácaro-da-necrose somente na maior concentração testada (CL₉₉) (Fig 2).

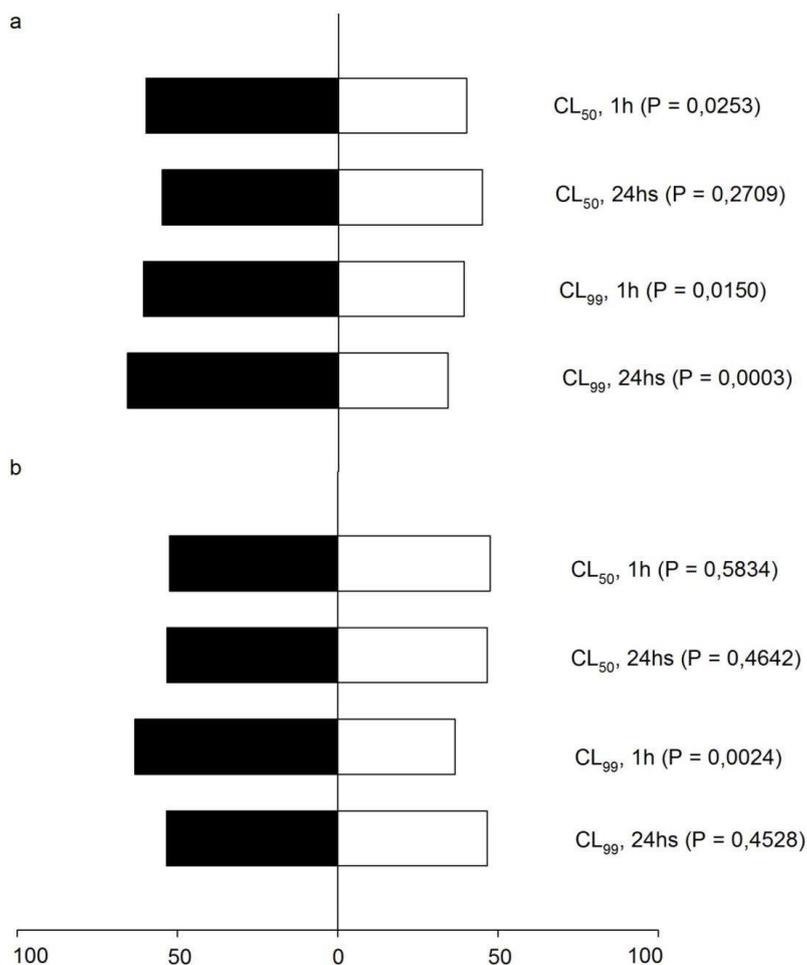


Fig 1 Repelência da CL₅₀ e da CL₉₉ do óleo bruto de dendê ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* (a) e ao ácaro predador *T. ornatus* (b). Barra com área não pulverizada (preto) e pulverizada (branco).

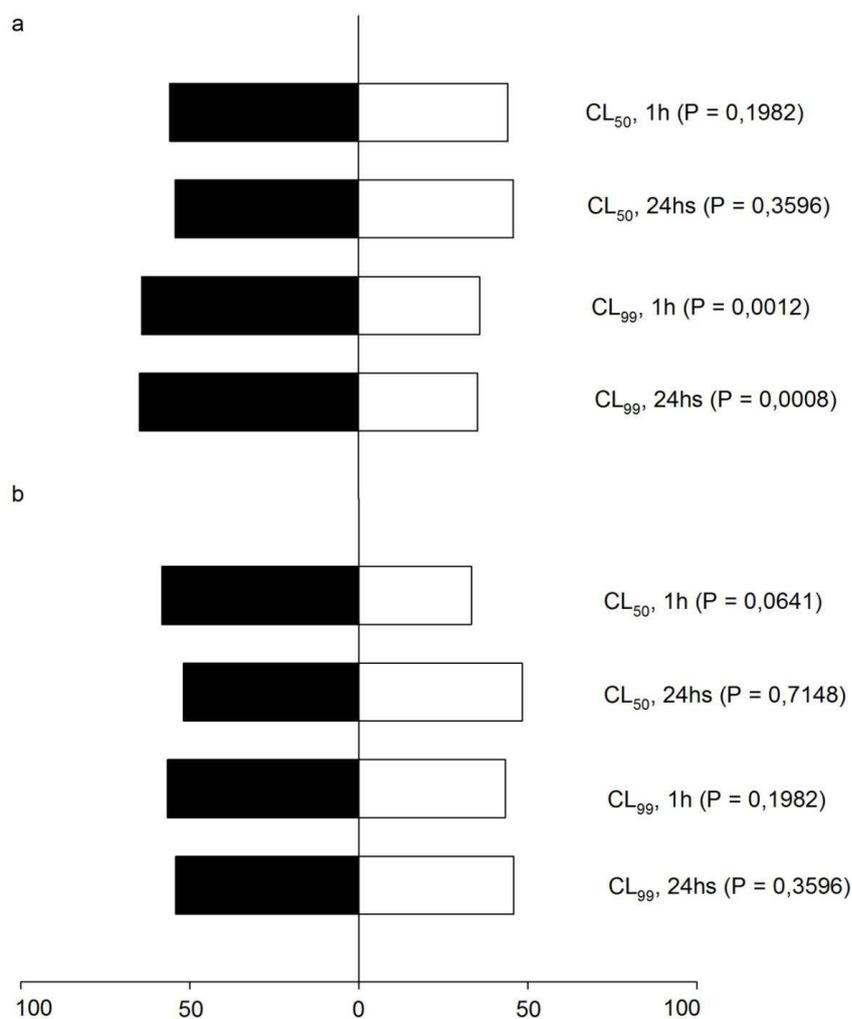


Fig 2 Repelência da CL₅₀ e da CL₉₉ do óleo bruto de coco ao ácaro-da-necrose *A. guerreronis* (a) e ao ácaro predador *T. ornatus* (b). Barra com área não pulverizada (preto) e pulverizada (branco).

Discussão

A análise cromatográfica demonstrou que os óleos brutos de coco e dendê apresentaram 94.38, e 85.64 % de ácidos graxos, respectivamente. Para o óleo bruto de coco, o ácido graxo encontrado em maior concentração foi o láurico. O endosperma do fruto do coqueiro é a principal fonte mundial de ácido láurico com diversos usos e finalidades (Balachandran et al, 1985). Para o óleo bruto de dendê, o ácido linoleico foi o que apareceu em maior concentração, seguido pelo ácido palmítico. Alguns estudos demonstraram que ácidos graxos produzem efeitos tóxicos e repelentes à pragas (Parry & Rose 1983; Baldwin et al, 2008; Sims et al, 2014).

As concentrações letais dos óleos brutos de coco e dendê ao ácaro-da-necrose foram menores que as estimadas para o ácaro predador *T. ornatus*, logo, menores concentrações são necessárias para matar o ácaro-praga em comparação com o predador. A toxicidade diferencial ($CL_{50} T. ornatus / CL_{50} A. guerreronis$) indica que o predador é 3,84 vezes mais tolerante ao óleo bruto de dendê e 6,48 vezes mais tolerante ao óleo bruto de coco que o ácaro-da-necrose. Essa diferença em susceptibilidade aos óleos pode estar relacionada com características fisiológicas, comportamento de forrageamento, e ao maior tamanho do predador em relação ao ácaro-praga (Cloyd et al., 2006; Lima et al., 2012). Baseado nas concentrações letais obtidas, a CL_{99} (25, 015 μ L/mL; 1,47%) do óleo bruto de dendê e a CL_{99} (20, 285 μ L/mL; 1,19%) do óleo bruto de coco, poderiam ser utilizadas no controle do ácaro-da-necrose em condições de campo. No entanto, experimentos de campo são necessários para validação da eficiência dessas concentrações no controle do ácaro-da-necrose.

Artrópodes são capazes de detectar substâncias tóxicas e se afastarem da área tratada ou o produto pode causar irritabilidade (evasão após contato) quando os organismos entram em contato direto com a área tratada, levando-os a se afastarem (Lockwood et al., 1984; Cordeiro et al., 2010). Neste estudo, a repelência da CL_{50} e da CL_{99} do óleo bruto de dendê

aos ácaros da necrose e predador, respectivamente, foi perdida com tempo, possivelmente por degradação temporal de substâncias tóxicas (Araújo et al., 2012; Fenner et al., 2013). Em contraste, houve um aumento de repelência da CL₉₉ do óleo bruto de dendê e da CL₉₉ do óleo bruto de coco ao ácaro-da-necrose com o passar do tempo (Figuras 3, 4). Portanto, faz-se necessário o estudo da atividade repelente dos óleos brutos de dendê e de coco ao longo do tempo, possibilitando assim determinar o período repelente de cada óleo a ambos os ácaros.

Além da toxicidade, é importante que produtos utilizados no controle de pragas apresentem também repelência. Portanto, a ação repelente dos óleos brutos de dendê e de coco ao ácaro-da-necrose possivelmente podem ajudar na redução da infestação de frutos novos. Isso porque embora as colônias do ácaro-da-necrose desenvolvem-se protegidas pelas brácteas dos frutos, alguns ácaros deixam esta proteção para dispersão dentro e entre plantas (Galvão et al., 2012). Adicionalmente, a compatibilidade de diferentes formas de controle de pragas visando afetar minimamente os agentes de controle biológico natural é uma das prioridades do manejo integrado de pragas (Abraham et al., 2012). Para o ácaro predador *T. ornatus*, houve perda de repelência do óleo bruto de dendê após 24 horas da exposição enquanto que o óleo bruto de coco não foi repelente, o que indica que esses óleos são compatíveis com o controle biológico. Portanto, os óleos brutos de dendê e de coco são mais tóxicos e repelentes ao ácaro-da-necrose do que ao ácaro predador *T. ornatus*, portanto, esses óleos podem ser usados no controle desta praga e possuem a vantagem adicional de serem compatíveis com o ácaro predador.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo para primeira autora e ao Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa. AVT agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (nível 2).

Referências

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: 1590-160

Araújo MJC, Câmara CAG, Born FS, Moraes MM, Badji CA (2012) Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. Exp Appl Acarol 57: 139-155

Balachandran FM, Arumughan C, Mathew AG (1985) Distribution of major chemical constituents and fatty acids in different regions of coconut endosperm. J. Am. Oil Chem. Soc., 62: 1583-1586

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 Science 44: 476-480

Cordeiro EMG, Corrêa AS, Venzon M, Guedes RNC (2010) Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. Chemosphere 81: 1352-1357

Cordeiro EMG, Moura ILT, Fadini MAM, Guedes RNC (2013) Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Olygonychus ilicis*? *Chemosphere* 93: 1111–1115

Fenner K, Canonica S, Wackett LP, Elsne M (2013) Evaluating pesticide degradation in the environment: blind spots and emerging opportunities. *Science* 341: 752-758

Ferreira JMS, Michereff Filho M, Lins PMP (2002) Pragas do coqueiro: Características, amostragem, nível de ação e principais métodos de controle. In: Ferreira JMS, Michereff Filho M. (Eds.). *Produção integrada de coco: Práticas fitossanitárias*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros 37-57

Galvão AS, Melo JWS, Monteiro VB, Lima DB, Moraes GJ, Gondim Jr MGC (2012) Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest. *Exp Appl Acarol* 57: 1-13

Geiger F, Bengtsson J, Berendse F, Weisser WW, Emmerson M, Morales MB, Ceryngier P, Liira J, Tscharrntke T, Winqvist C., Eggers S, Bommarco R, Paert T, Bretagnolle V (2011) Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl Ecol* 11: 97-105

Hassan SA, Bigler F, Bogenschütz H, Boller E, Brun J, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Grove A, Heimbach 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. *Entomophaga* 39:107-119

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

Khater HF (2012) Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. *Pharmacology* 3: 641-656

Lawson-Balagbo LM, Gondim Junior MGC, Moraes GJ, Hana R, Schausberger, P (2008) Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *B Entomol Res* 98: 83-96

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

Lima DB, Melo JWS, Gondim Junior MGC, Guedes JRNC, Oliveira EM, Pallini A (2015) Acaricide-impaired functional predation response of the phytoseiid mite *Neoseiulus baraki* to the coconut mite *Aceria guerreronis*. *Ecotoxicology* 24: 1124-1130

Lockwood JA, Sparks TC, Story RN (1984) Evolution of insect resistance to insecticides: a reevaluation of the roles of physiology and behavior. *Bull Entomol Soc Am* 30: 41-51

Mc Murtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu Rev Entomol* 42: 291-321

Monteiro VB, Lima DB, Gondim Junior MGC, Siqueira HAA (2012) Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. J Econ Entomol 105: 1419-142

Nair CPR (2002) Status of eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer in India, p. 9-12. In: Fernando LCP, Moraes GJ, Wickramananda IR (Eds.). Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka: Coconut Research Institute, p.117.

Návia D, Moraes GJ, Lofego AC, Flechtmann CHW (2005) Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. Neotrop Entomol 34: 349-354

Navia D, Gondim Junior MGC, Aratchige, NS, Moraes GJ (2013) A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. Exp Appl Acarol 59: 67-94

Negloh K, Hanna R, Schausberger P (2011) The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. Exp Appl Acarol 55:361-374

Parry WH, Rose R (1983) The role of fatty acids and soaps in aphid control on conifers. Z. Angew. Entomol 96: 16-23.

Reis PR, Alves EB (1997) Biologia de *Euseius alatus* De Leon (Acari: Phytoseiidae). An Soc Entomol Brasil 26: 359-363

Reis PR, Chiavegato LG, Alves EB (1998) Biologia de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). An Soc Entomol Brasil 27: 185-191

Reis AC, Gondim MGC Jr, de Moraes GJ, Hanna R, Schausberger P, Lawson-Balagbo LE, Barros R (2008). Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. Neotrop Entomol 37: 457–462

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, Universidade Estadual do Maranhão.

Sims SR, Balusu RR, Ngumbi EN, Appel AG (2014) Topical and vapor toxicity of saturated fatty acids to the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). J Econ Entomol 107: 758-763

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 131: 121-129

CAPÍTULO 3

O óleo bruto de coco não interfere na resposta funcional de *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* a *Aceria guerreronis* (Acari: Phytoseiidae, Eriophyidae)

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “*Experimental and Applied Acarology*”

O óleo bruto de coco não interfere na resposta funcional de *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* a *Aceria guerreronis* (Acari: Phytoseiidae, Eriophyidae)

Resumo

O ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) é a uma das principais pragas do coqueiro no mundo e ácaros predadores da família Phytoseiidae são seus principais inimigos naturais. Óleos brutos vegetais podem ser usados no controle do ácaro-da-necrose, com a vantagem de serem, geralmente, menos tóxicos a ácaros predadores. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito subletal do óleo bruto de coco na resposta funcional e numérica do ácaro predador *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* a *A. guerreronis*. Densidades crescentes de adultos do ácaro-da-necrose (10, 30, 80, 110, 200, 300 e 400) foram oferecidas a fêmeas de *T. ornatus* em arenas pulverizadas e não pulverizadas com o óleo bruto de coco. Foi utilizada a CL_{99} do óleo estimada para *A. guerreronis*, a qual equivale a um valor menor que a CL_1 estimada para o ácaro predador. Fêmeas de *T. ornatus* expostas e não expostas ao óleo bruto de coco apresentaram resposta funcional tipo III, que é a única em que a mortalidade de presas pode aumentar com a densidade. Ademais, o tempo de manipulação e a taxa de ataque não foram alterados pela exposição do predador ao óleo bruto de coco. A oviposição de fêmeas do predador expostas à água destilada aumentou até a densidade de 200 presas, a partir da qual houve uma redução drástica na produção de ovos, mas, para fêmeas expostas ao óleo bruto de coco, houve um aumento crescente do número de ovos, no entanto com um menor pico de ovos. O óleo bruto de coco é compatível com o predador *T. ornatus* podendo ser utilizado em programas de manejo do ácaro-da-necrose.

Palavras-chave: *Cocos nucifera*, controle biológico, densidade, oviposição

The crude coconut oil does not interfere in functional response of *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* to *Aceria guerreronis* (Acari: Phytoseiidae, Eriophyidae)

Abstract

The coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) is one of the main coconut pests in the world and predatory mites of the family Phytoseiidae are its main natural enemies. Crude vegetable oils can be used in the control of the coconut mite, with the advantage of being generally less toxic to predatory mites. The aim of this study was to evaluate the sublethal effect of crude coconut oil in the functional and numerical response of predatory mite *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* to *A. guerreronis*. Increasing densities of coconut mite adults (10, 30, 80, 110, 200, 300 and 400) were offered to females of *T. ornatus* in sprayed and unsprayed arenas with crude coconut oil. We used the LC₉₉ of the oil, estimated for *A. guerreronis*, which is equivalent to a value lower than the LC₁ estimated for the predatory mite. Females of *T. ornatus* exposed and unexposed to crude coconut oil showed a type III functional response indicating that prey mortality increases with density. Furthermore, the handling time and attack rate of *T. ornatus* were not altered by exposition to crude coconut oil. The oviposition of predator females exposed to distilled water increased until the density 200, from which there was a dramatic reduction in egg production, but for females exposed to crude coconut oil, there was an increasing number of eggs produced although with a lower peak. The crude coconut oil is compatible with the predator *T. ornatus* and it can be used in management programs of the coconut mite.

Keywords: biological control, *Cocos nucifera*, density, oviposition

Introdução

O ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) é uma das principais pragas de frutos do coqueiro, principalmente por sua ampla distribuição geográfica, que contribui para ocorrência da praga em todas as regiões produtoras do mundo (Návia et al, 2013). As colônias de *A. guerreronis* desenvolvem-se sob o perianto dos frutos jovens onde se alimentam do tecido meristemático da planta e desta forma, comprometem seu crescimento, provocam distorção e rachaduras nos frutos, além da queda de frutos jovens (Nair, 2002; Ferreira e Michereff Filho, 2002).

O controle químico ainda é o método mais utilizado no controle desta praga (Monteiro et al. 2012; Lima et al. 2015) no entanto, o uso abusivo de agrotóxicos tem efeitos adversos à saúde humana e ambiental (Geiger et al., 2011; Cordeiro et al., 2013) além de promover o surgimento de populações resistentes a agrotóxicos, erupção e ressurgência de pragas, bem como, afetar negativamente o controle biológico (Rosell et al., 2008; Campos et al., 2011; Braga et al., 2011; Gradish et al., 2011; Cordeiro et al., 2013; Lima et al., 2013).

Apesar do potencial da família Phytoseiidae para controle biológico do ácaro-da-necrose (Lawson-Balagbo et al. 2007; Domingos et al. 2009), apenas *Neoseiulus baraki* Athias-Henriot e *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon) possuem uma estrutura achatada do corpo, além das pernas curtas, que permitem a penetração sob as brácteas para alcance e predação da praga (Lima et al. 2012). Em contrapartida, pesquisas apontam que a maioria de outros predadores encontrados no coqueiro pode realizar o controle biológico principalmente quando a praga deixa a proteção do perianto ou antes da colonização de frutos novos, durante seu processo de dispersão (Galvão et al. 2012). No Brasil, o ácaro predador *Typhlodromus* (*Anthoseius*) *ornatus* Denmark e Muma (Acari: Phytoseiidae) é encontrado em frutos de coqueiro (Návia et al. 2005; Reis et al. 2008) e está possivelmente associado ao controle biológico do ácaro-da-necrose durante sua dispersão. O ácaro *T. ornatus* é considerado um

predador generalista do tipo III que além de pequenos artrópodes se alimenta de recursos alternativos como pólen e néctar (McMurtry e Croft 1997).

O uso de produtos alternativos, como óleos brutos vegetais, associados ao controle biológico, constitui-se numa alternativa viável para o controle de pragas, haja vista, que a integração de métodos de controle minimiza os riscos de resíduos de agrotóxicos nos alimentos e impactos ambientais (Gill e Garg 2014). Além disto, produtos alternativos apresentam menor toxicidade a inimigos naturais e são eficientes na redução da população de pragas (Bakkali et al. 2008; Isman, 2008; Khater, 2012). Diversos óleos vêm sendo utilizados empiricamente por alguns agricultores no controle do ácaro-da-necrose, dentre os quais, o óleo bruto de coco, obtido pela prensagem do endocarpo carnosos de frutos. No entanto, é necessário conhecer os possíveis efeitos adversos destes óleos sobre os inimigos naturais de *A. guerreronis*. Logo, estudos de taxa de predação e oviposição em função da densidade de presas oferecidas podem auxiliar nesses estudos de compatibilidade (Wiedenmann e Smith 1997; Kasap e Atlihan 2011). Com base neste enfoque, o presente estudo objetivou avaliar o efeito do óleo bruto de coco na resposta funcional e numérica do ácaro predador *T. ornatus* ao ácaro-da-necrose.

Material e Métodos

Criação do ácaro predador *T. ornatus*

A criação do ácaro *T. ornatus* foi estabelecida com indivíduos oriundos de frutos de coqueiro da variedade anão verde 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).

Colônias de *T. ornatus* foram mantidas em laboratório (temperatura de $27,0 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo natural) em arenas constituídas de discos de PVC (5 cm de diâmetro) flutuando em placas de Petri sem tampa (9 cm de diâmetro por 1,5 cm de

profundidade) contendo água destilada para evitar a fuga dos ácaros (Reis et al.1998). No centro de cada arena foi feito um pequeno orifício para passagem de um alfinete colado no fundo da placa de Petri com cola de silicone. Fios de algodão recobertos com PVC transparente (18 x 18 mm) recurvado foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. Os ácaros foram alimentados diariamente com pólen de mamona (*Ricinus communis* L.) (Reis e Alves 1997).

Resposta funcional e numérica de *T. ornatus*

O experimento foi realizado em condições padronizadas de temperatura ($27,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotoperíodo (12 h). Foram utilizadas arenas constituídas por discos de PVC (7 cm de diâmetro) colocadas em placas de Petri (9 cm de diâmetro e 1,5 cm de profundidade) e cobertas por uma mistura composta por 5% de ágar (ágar bacteriológico puro), 0,3% de metil parabeno (Nipagim®) como fungicida e água destilada (Silva, 2014). Após o resfriamento da mistura, uma área de 5 cm de diâmetro foi aberta com o auxílio de um vazador, expondo assim a área do disco de PVC sobre o qual os ácaros foram confinados. Uma barreira adicional de algodão hidrófilo umedecido em água foi colocada sobre as bordas da mistura com ágar, para evitar a fuga do ácaro predador.

O óleo bruto de coco foi pulverizado através de uma torre de Potter (Burkard, Rickmansworth, Reino Unido) a uma pressão de 5psi/pol² e um volume de calda de 1,7 mL, o que corresponde a um depósito de $1,8 \pm 0,1 \text{ mg/cm}^2$. A concentração do óleo bruto de coco utilizada na solução foi de 20,7 µL/mL de água destilada e 10µL de detergente neutro como adjuvante. Esta concentração correspondeu a $CL_{99} = 20,285 \text{ µL/mL}$ (1,19%) estimada para o ácaro-da-necrose, a qual equivale a uma quantidade menor que a CL_1 estimada para o ácaro predador *T. ornatus*. As arenas do tratamento controle foram pulverizadas somente com água destilada.

Depois de pulverizadas, as arenas foram expostas ao ambiente por 30 minutos para secagem. Para cada arena, foram transferidos 10, 30, 80, 110, 200, 300 e 400 adultos do ácaro-da-necrose em pedaços de perianto com aproximadamente 1cm^2 e em seguida foi colocada uma fêmea adulta de *T. ornatus* no início do período reprodutivo (8-10 dias de idade). Adultos do ácaro-da-necrose utilizados no experimento foram coletados no polo de produção de coco anão verde em Cinturão verde no Maranhão. Para as densidades de 10, 30 e 80 presas foram realizadas 24, 18 e 12 repetições, respectivamente e 10 repetições para as demais densidades. Testes em branco foram realizados para cada densidade para quantificar possíveis superestimações no consumo de presas, principalmente porque o óleo pode repelir as presas, levando a perdas por escape. Estes testes seguiram a mesma metodologia descrita acima, porém sem a introdução do predador. Assim, a quantidade de presas perdidas no teste em branco foi quantificada com possível fator de correção para o consumo do predador. Como as perdas nos testes em branco foram inferiores a 5% não houve a necessidade de correção em nenhuma das densidades. O número de presas predadas e parcialmente predadas foi quantificado após 24 horas e o número de ovos postos por fêmea do ácaro predador foram avaliados após 24 e 48 horas, com reposição de presas a cada avaliação.

Análise estatística

Para fêmeas do predador expostas e não expostas ao óleo bruto de coco, o tipo da curva de resposta funcional foi determinado por meio de regressão logística da proporção de presas consumidas em função das densidades de presas oferecidas seguindo o protocolo de Juliano (1993) usando o Proc CATMOD do programa SAS (SAS Institute 2002) para determinar as significâncias dos coeficientes das regressões e o sinal do coeficiente linear para determinar o tipo de resposta funcional. Holling (1959) e (1961), caracteriza três tipos de resposta funcional: O termo linear, quando não significativo, indica resposta funcional do tipo

I; quando significativo e apresentar um sinal negativo indica resposta funcional do tipo II; e quando significativo e apresentar o sinal positivo indica resposta funcional do tipo III.

Os parâmetros taxa de ataque (a'), e o tempo de manipulação da presa (Th), foram estimados na segunda etapa por regressão não linear empregando o método dos quadrados mínimos (PROC NLIN do SAS) de acordo com a metodologia descrita por Juliano (1993).

A taxa de oviposição de *T. ornatus* em função da densidade de *A. guerreronis* no período de 48 horas foi analisada através 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).

Resultados

O ácaro predador *T. ornatus* exposto à água destilada e ao óleo bruto de coco apresentaram resposta funcional tipo III, onde os coeficientes lineares para os dois tratamentos foram positivos e significativos, ou seja, a exposição ao óleo não alterou o modelo de resposta funcional em comparação ao tratamento com água destilada (Tabela 1). Na densidade 10, as fêmeas de *T. ornatus* expostas à água destilada consumiram em média $9,91 \pm 0,28$ presas e $9,58 \pm 0,71$ presas quando expostas ao óleo bruto de coco. O pico de consumo de *T. ornatus* exposto à água destilada e ao óleo bruto de coco ocorreu na densidade 400, com o consumo médio por fêmea de $228,20 \pm 9,19$ presas e $227,80 \pm 10,68$ presas, respectivamente. Portanto, com o aumento da densidade de *A. guerreronis*, o número médio de presas mortas aumentou para fêmeas expostas e não expostas ao óleo bruto de coco (Fig 1).

Nas densidades de 10 a 200, a proporção de presas consumidas foi próximo a 1, em ambos tratamentos, o que demonstra aumento inicial na proporção de presas mortas/consumidas seguido por um decréscimo com o aumento da densidade de presas. A

partir da densidade 300 presas, houve uma diminuição na proporção de presas consumidas, tanto para fêmeas expostas como para não expostas ao óleo bruto de coco, porém a maior redução foi observada na densidade 400 (Fig 2).

O tempo de manipulação de presas (Th) permaneceu inalterado quando o predador foi exposto ao óleo bruto de coco. O mesmo se observa para taxa de ataque (a') (Tabela 2), o que indica que a exposição ao óleo não interferiu na atividade predatória de *T. ornatus*.

Houve influência da densidade de presas na oviposição de *T. ornatus* em ambos os tratamentos ($P < 0,05$). O ácaro predador exposto à água destilada apresentou um modelo de regressão quadrática e taxa de oviposição crescente com o aumento da densidade de presas alcançados na densidade 200 com $1,30 \pm 0,16$ ovos/ fêmea/ dia. No entanto, com o aumento da densidade de presas a partir de 300, houve uma rápida redução na taxa de oviposição (Fig 3). Em relação às fêmeas do ácaro predador expostas ao óleo bruto de coco, os resultados observados, mostraram um modelo de regressão linear, com taxa de oviposição máxima de $0,80 \pm 0,30$ ovos/ fêmea/ dia na densidade de 110 presas (Fig 4). Observou-se que com o aumento da densidade de presas houve redução na taxa de oviposição para fêmeas do predador expostas e não expostas ao óleo bruto de coco. Assim, a exposição ao óleo bruto de coco influenciou na taxa de oviposição de *T. ornatus*.

Discussão

A exposição ao óleo bruto de coco não alterou o tipo de resposta funcional do ácaro predador *T. ornatus*, pois tanto predadores expostos à água destilada quanto ao óleo bruto de coco, apresentaram resposta funcional do tipo III. A resposta funcional do tipo III é a única em que a mortalidade de presas pode aumentar com a densidade. No entanto, a capacidade de regular a população de presas se dá na faixa em que a proporção de mortes aumenta com a densidade (ou seja, densidade intermediária de presa). Isto porque se a densidade de presas

ultrapassa a capacidade de matar/consumo do predador, a proporção de mortes declina (Recklefs, 2010). Um agente de controle biológico eficiente deve apresentar resposta dependente da densidade, pois com tal comportamento será capaz de regular a população da presa (Murdoch e Oaten 1975). Assim o fato de *T. ornatus* ter apresentado resposta funcional do tipo III, mesmo submetido ao efeito subletal do óleo bruto de coco, mostra que esse predador possivelmente tenha um impacto positivo dependente da densidade da praga e que o óleo bruto de coco não altera a sua atividade predatória. O número de *A. guerreronis* atacados pelo predador aumentou devido a uma maior disponibilidade de presas e, conseqüente maior facilidade de encontro, até certo limite. Com o aumento da densidade, houve aumento no número de presas mortas para fêmeas expostas e não expostas ao óleo bruto de coco. O limite de presas consumidas por *T. ornatus* correspondeu a cerca de 200 ácaros-da-necrose independentemente se o predador foi exposto a água destilada ou ao óleo bruto de coco. Com densidades mais elevadas houve redução na proporção de presas consumidas, conforme esperado para resposta funcional do tipo III (Omkar, 2005). A redução na proporção de presas consumidas é decorrente da limitação dos predadores em não conseguirem aumentar sua taxa de predação devido ao tempo gasto para procura e manipulação da presa, bem como da sua saciedade (Mori e Chant 1966; Sandness e Mc Mutry 1970). Similarmente a este estudo, os ácaros predadores *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae) e *Proctolaelaps bickleyi* (Acari: Melicharidae) também apresentaram resposta funcional do tipo III a *A. guerreronis* (Lima et al. 2012).

O tempo de manipulação inclui o tempo necessário para o predador identificar, capturar, atacar, e consumir presas (Holling 1959), neste estudo, não houve diferença entre o tempo de manipulação de *T. ornatus* exposto à água destilada e ao óleo bruto de coco, com base no IC. Os resultados relacionados à taxa de ataque, também mostraram que não houve diferença entre fêmeas do predador expostas e não expostas ao óleo. Os resultados obtidos por

Lima et al. (2015) mostraram que a taxa de ataque de *N. baraki* a *A. guerreronis* não foi alterada quando o predador foi exposto a azadiractina, no entanto, nesse mesmo estudo a exposição do predador aos acaricidas abamectina e fempiroximato reduziram o consumo médio de presas, interferindo na sua atividade predatória.

As respostas reprodutivas de fêmeas do predador expostas e não expostas ao óleo bruto de coco indicaram que em altas densidades de presas às taxas de oviposição tenderam a uma redução. As fêmeas expostas à água destilada apresentaram inicialmente um aumento crescente na taxa de oviposição, no entanto com o aumento da densidade houve uma redução nessa taxa. Os resultados observados para as fêmeas expostas ao óleo bruto de coco mostraram que houve um aumento na taxa de oviposição, mas logo em seguida houve uma leve redução, esses resultados mostram que houve influência na taxa de oviposição do predador exposto e não exposto ao óleo bruto de coco.

Os resultados obtidos na presente pesquisa podem ser explicados pelo fato da concentração utilizada do óleo bruto de coco não ter um efeito repelente e corresponder a um valor menor que a CL_1 estimada para este predador, ou seja, ser pouco tóxico ao ácaro predador. Outra possibilidade que pode ter ocorrido é a facilidade que o predador teve em relação ao acesso as presas, pois estas estavam confinadas em arenas, e, como os ácaros predadores procuram suas presas orientados por estímulos químicos emanados da própria presa (Sabelis e Dicke, 1985), houve maior possibilidade de encontro, visto que, a presença do óleo não interferiu na capacidade de identificação da presa pelo predador, além disso, é possível que o predador tenha aprendido evitar problemas em apanhar a presa (Sarmiento et al. 2007).

Assim, o óleo bruto de coco é compatível com o predador *T. ornatus* por não interferir em sua resposta funcional, esse fato, mostra que é possível à utilização desse produto com efeito acaricida em programas de manejo integrado de pragas.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo para primeira autora e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa.

Referências

Braga LS, Corrêa AS, Pereira EJG, Guedes RNC (2011) Face or flee? Fenitrothion resistance and behavioral response in populations of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. J Stored Prod Res 47: 161-1670

Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M (2008) Biological effects of essential oils – A review. Food Chem Toxicol 46: 446–475

Campos MC, Picanço MC, Martins JC, Tomaz AC, Guedes RNC (2011) Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. Crop Prot 30: 1535-1540

Cordeiro EMG, Moura ILT, Fadini MAM, Guedes RNC (2013) Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Olygonychus ilicis*? Chemosphere 93: 1111–1115

Domingos CA, Melo JW da S, Gondim Jr MGC, De Moraes GJ, Hanna R, Lawson-Balagbo LM, Schausberger P (2009) Diet-dependent life history, feeding preference and thermal requirements of the predatory mite *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae). Exp Appl Acarol 50: 201-215

Ferreira JMS, Michereff Filho M, Lins PMP (2002) Pragas do coqueiro: Características, amostragem, nível de ação e principais métodos de controle. In: Ferreira JMS, Michereff Filho M (Eds.). Produção integrada de coco: Práticas fitossanitárias. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros p. 37-57

Galvão AS, Melo JWS, Monteiro VB, Lima DB, Moraes GJ, Gondim Jr MGC (2012) Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest. *Exp Appl Acarol* 57: 1-13

Gill HK, Garg H (2014) Pesticide: environmental impacts and management strategies *Pesticides-Toxic Effects*. Intech- Croatia 187-230

Geiger F, Bengtsson J, Berendse F, Weisser WW, Emmerson M, Morales MB, Ceryngier P, Liira J, Tschamntke T, Winqvist C., Eggers S, Bommarco R, Paert T, Bretagnolle V (2011) Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl Ecol* 11: 97-105

Gradish AE, Scott-Dupree CD, Shipp L, Harris CR, Ferguson G (2011) Effect of reduced risk pesticides on greenhouse vegetable arthropod biological control agents. *Pest Manag Sci* 67: 82-86

Holling CS (1959) Some characteristics of simples types of predation and parasitism. *Can Entomol* 9: 385–396

Holling CS (1961) Principles of insect predation. *Annu Rev Entomol* 6: 163-182

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

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

Kasap I, Atlihan R (2011) Consumption rate and functional response of the predaceous mite *Kampimodromus aberrans* to two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* in the laboratory. *Exp Appl Acarol* 53: 253-261

Khater HF (2012) Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. *Pharmacologia* 3: 641-656

Lawson-Balagbo LM, Gondim Jr MGC, De Moraes GJ, Hana R, Schausberger P (2007) Life history of the predatory mites *Neoseiulus paspalivorus* e *Proctolaelaps bickleyi*, candidates for control biological *Aceria guerreronis*. *Exp Appl Acarol* 43: 49-51

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

- Lima DB, Monteiro VB, Guedes RNC, Siqueira HAA, Pallini A, Gondim Jr MGC (2013) Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Biocontrol* 58: 595–605
- Lima DB, Melo JWS, Gondim Jr MGC, Guedes JRNC, Oliveira EM, Pallini A. (2015) Acaricide-impaired functional predation response of the phytoseiid mite *Neoseiulus baraki* to the coconut mite *Aceria guerreronis*. *Ecotox* 24: 1124–1130
- McMurtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu Rev Entomol* 42: 291-321
- Monteiro VB, Lima DB, Gondim Jr MGC, Siqueira HAA (2012) Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. *J Econ Entomol* 105:1419–1425
- Mori H, Chant DA (1966) The influence of prey density, relative humidity, and starvation on the predaceous behaviour of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). *Can J Zool* 44: 483-491.
- Murdoch WW, Oaten A (1975) Predation and population stability. *Adv Ecol Res* 9: 1-131
- Nair CPR (2002) Status of eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer in India, p. 9-12. In: Fernando LCP, Moraes GJ, Wickramananda IR (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka. Coconut Research Institute, 117p

Návia D, Moraes GJ, Lofego AC, Flechtmann CHW (2005). Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. *Neotrop Entomol* 34: 349-354

Návia D, Gondim Jr MGC, Aratchige NS, Moraes GJ. (2013) A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. *Exp Appl Acarol* 59: 67–94.

Omkar AP (2005) Functional response of coccinellid predators: an illustration of a logistic approach. *J Insect Sci* 5: 1-5

Ricklefs RA (2010) A economia da natureza. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro

Reis PR, Alves EB (1997) Biologia de *Euseius alatus* De Leon (Acari: Phytoseiidae). *An Soc Entomol Brasil* 26: 359-363

Reis PR, Chiavegato LG, Alves EB (1998) Biologia de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An Soc Entomol Brasil* 27: 185-191

Reis AC, Gondim MGC Jr, de Moraes GJ, Hanna R, Schausberger P, Lawson-Balagbo LE, Barros R (2008). Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. *Neotrop Entomol* 37: 457–462

Rosell G, Quero C, Coll J, Guerrero A (2008) Biorational insecticides in pest management. *J Pest Sci*, 33: 103-121

Sabelis MW, Dicke M (1985) Long-range dispersal and searching behaviour. In: Helle W, Sabelis MW (orgs) *World Crop Pests. Spider mites. Their biology, natural enemies and control*. Elsevier. 1B: 141-160

Sarmiento RA, Pallini A, Venzon M, Souza OFF, Molina-Rugama AJ, Oliveira CL (2007) Functional response of the predator *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. *Braz Arch Biol Technol* 50: 121–126

Sandness JN, McMurtry JA (1970) Functional response of three species of Phytoseiidae (Acarina) to prey density. *Can Entomol* 102: 692-704

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, Universidade Estadual do Maranhão

Wiedenmann RN, Smith JW (1997) Attributes of the natural enemies in ephemeral crop habitats. *Biol Control* 10: 16-22

Tabelas

Tabela 1 Parâmetros estimados da regressão logística da proporção de adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* consumidos por fêmeas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à água destilada e a CL₉₉ do óleo bruto de coco.

Tratamentos	Parâmetros	Valor (\pm EP)	df	χ^2	P	Tipo de resposta funcional
água destilada	Intercepto	3,6875 \pm 0,4180	1	77,80	<0,0001	III
	Linear	0,0404 \pm 0,00679	1	35,31	<0,0001	
	Quadrática	-0,00029 \pm 0,000031	1	83,36	<0,0001	
	Cúbica	0,0004114 \pm 0,00004201	1	95,93	<0,0001	
óleo bruto de coco	Intercepto	2,8022 \pm 0,2370	1	139,74	<0,0001	III
	Linear	0,0191 \pm 0,000410	1	21,71	<0,0001	
	Quadrática	-0,00014 \pm 0,000020	1	50,43	<0,0001	
	Cúbica	0,0001883 \pm 0,00002684	1	49,20	<0,0001	

Tabela 2 Estimativas médias (\pm EP) e intervalos de confiança para os parâmetros taxa de ataque (a') e tempo de manipulação (Th) de fêmeas do ácaro predador *T. ornatus* predando adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* durante 24 horas.

	$a' \pm EP$ (95%IC)	$Th \pm EP$ (95%IC)
água destilada	0,00655 \pm 0,00108 (0,00440-0,00870)a	0,1041 \pm 0,000662 (0,1028-0,10544)a
óleo bruto de coco	0,00380 \pm 0,000414 (0,00297-0,00462)a	0,1026 \pm 0,000819 (0,1009-0,1042)a

Taxa de ataque a' (proporção em unidades de presas capturadas pelo predador por unidade de tempo) e tempo de manuseio Th (proporção em unidade por um período de 24 h de exposição).

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

Figuras

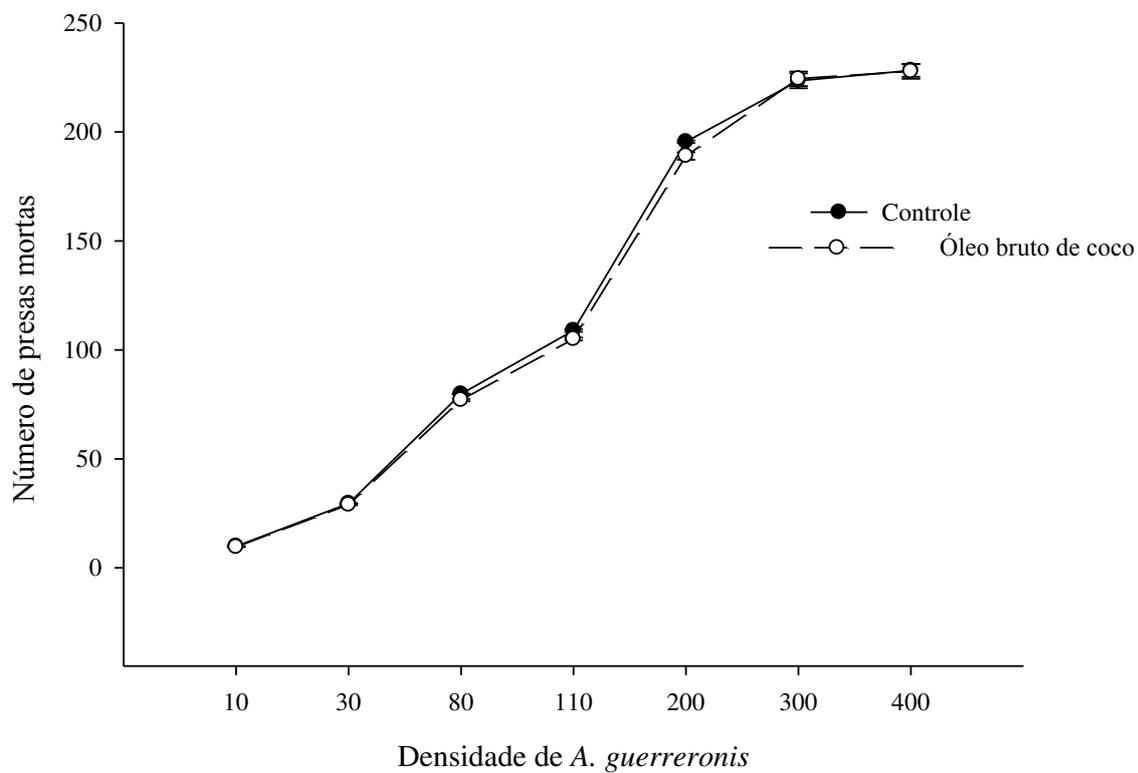


Figura 1 Número de adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* consumidos por fêmeas adultas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à água destilada (controle) e a CL₉₉ do óleo bruto de coco em função da densidade de presas.

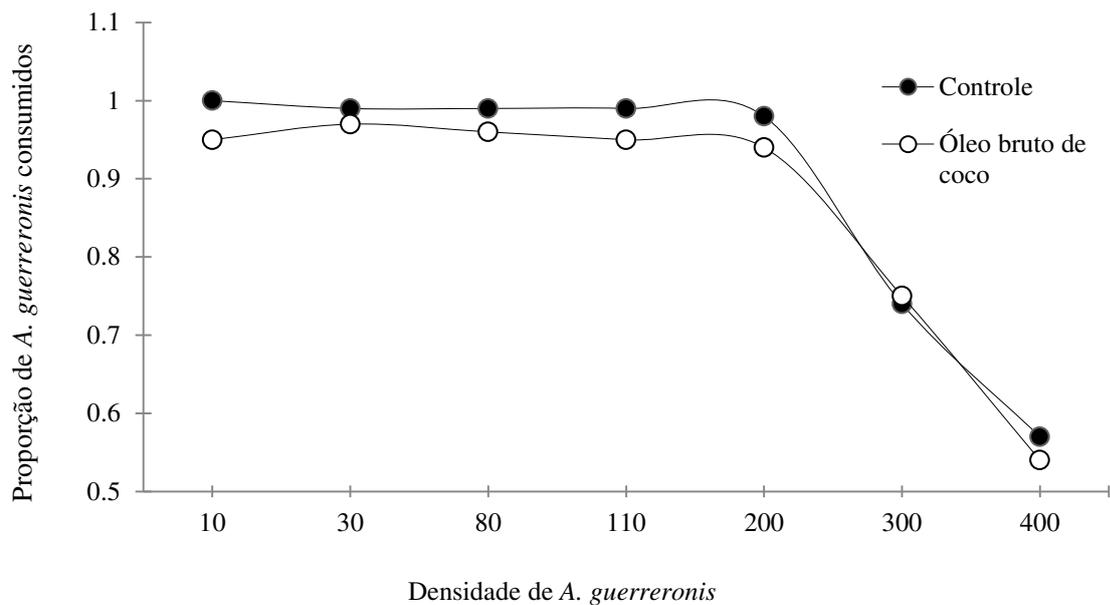


Figura 2 Proporção de adultos do ácaro-da-necrose *A. guerreronis* consumidos por fêmeas adultas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à água destilada (controle) e a CL₉₉ do óleo bruto de coco em função da densidade de presas.

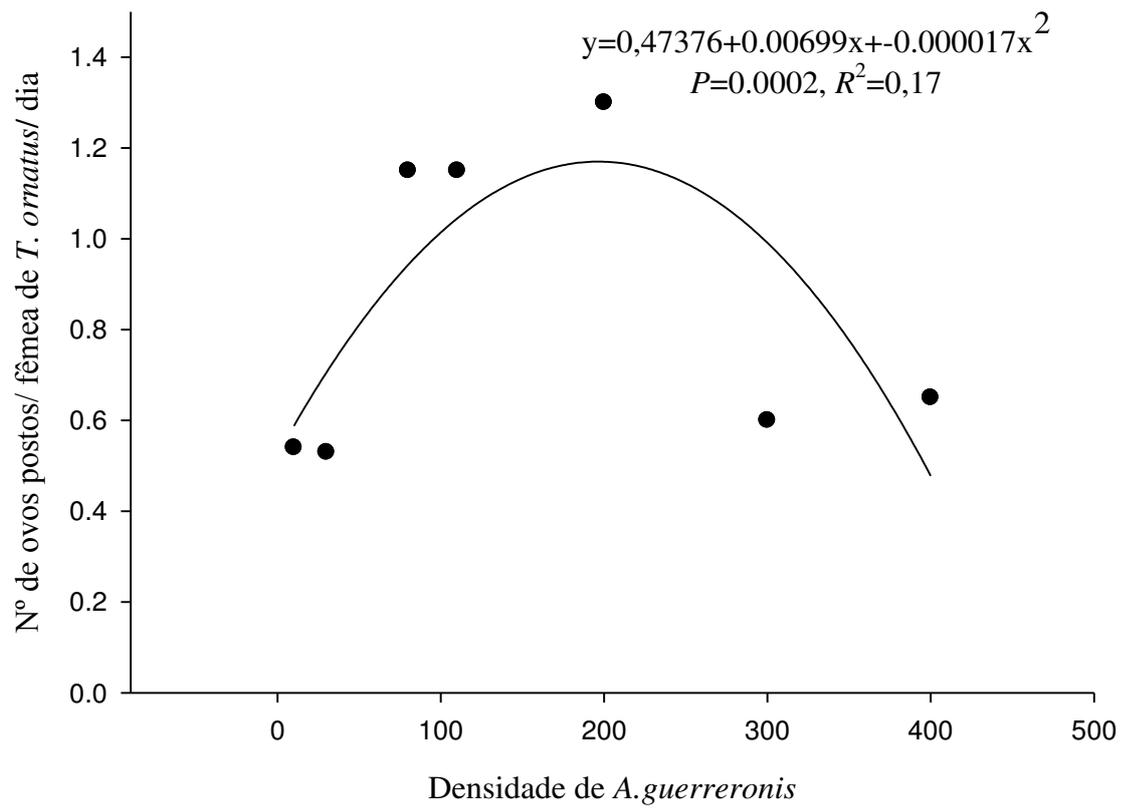


Figura 3 Número de ovos postos por fêmeas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à água destilada em função da densidade de presas.

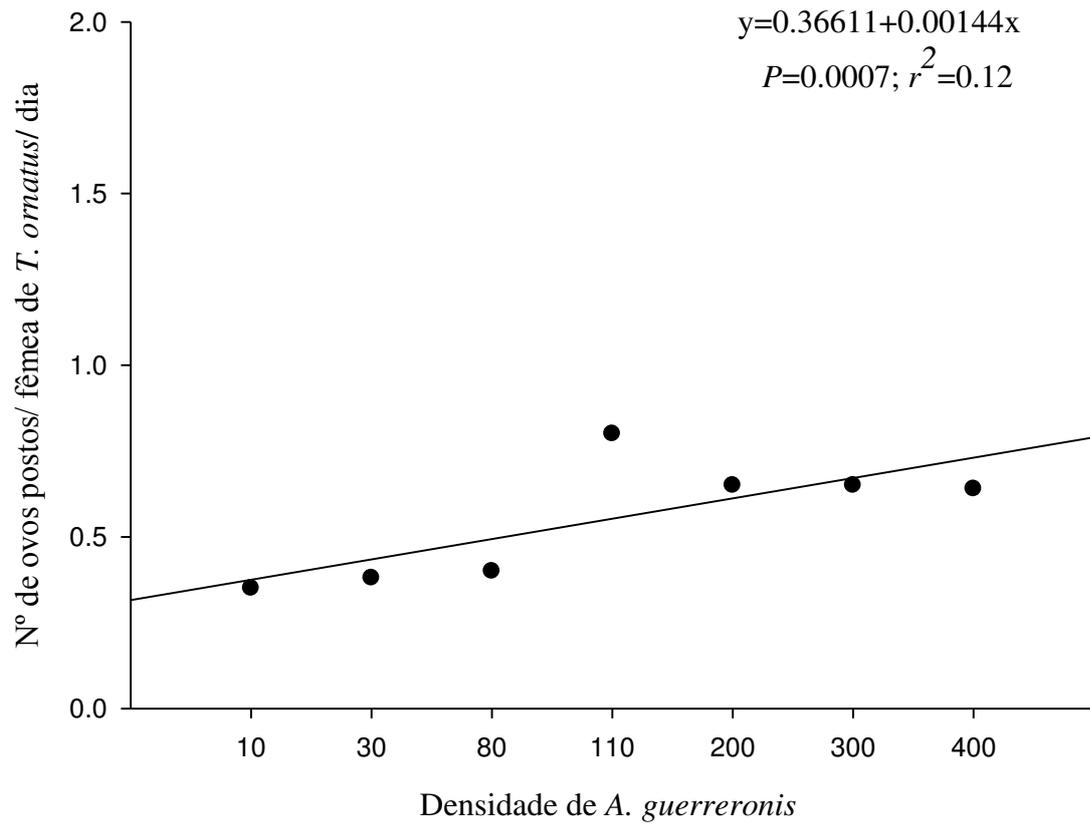


Figura 4 Número de ovos postos por fêmeas do ácaro predador *T. ornatus* expostas à CL₉₉ do óleo bruto de coco em função da densidade de presas.

4. Conclusão Geral

Os óleos brutos de coco e de dendê são mais tóxicos e repelentes ao ácaro-da-necrose que ao ácaro predador *T. ornatus*, e o óleo bruto de coco é compatível com o predador *T. ornatus* por não interferir em sua resposta funcional. Portanto, ambos óleos poderiam ser utilizados no manejo do ácaro-da-necrose.

ANEXO A: NORMAS DA REVISTA NEOTROPICAL ENTOMOLOGY

Instructions for Authors

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co- authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Sections

Submissions to the following sections will be taken into consideration:

‘Forum’, ‘Ecology, Behavior and Bionomics’, ‘Systematics, Morphology and Physiology’, ‘Biological Control’, ‘Pest Management’, ‘Public Health’, ‘Scientific Notes’.

Title Page

The title page should include:

- The section to which your article belongs to.
- A concise and informative title.

- The name(s) of the author(s) – left-justified below the title; only initials of the first and middle names of authors are provided followed by their last names in full. Names of different authors are separated by a comma. Do not use “and” or “&” to separate different authors.
- The affiliation(s) of the author(s).
- The complete name, the regular and e-mail addresses, telephone and fax numbers of the corresponding author only.
- A running title no longer than 65 characters.

Abstract

Please provide a one-paragraph long abstract of up to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Set page as A4 size and margins at 2.5 inches.
- Use a normal, plain font (e.g., 12-point Times Roman) for text.
- Lines must be double spaced.

The name of insect and mite species must be written in full and followed by the species author when first mentioned in the Title, Abstract and Main Text.

- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use the Microsoft equation editor or MathType instead.
- Save your file in doc format. Do not submit docx files.

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings. Headings in bold, sub-headings of the second level in roman, and level 3 sub-headings in italic font type.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Scientific Names

Write scientific names in full, followed by the author's name (for insect and mite species), whenever they first appear in the Abstract and Main text. Names should also be listed in full at the beginning of a paragraph or sentence. E.g., *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Use the abbreviated generic name (e.g., *S. frugiperda*) in the rest of the paper, except in tables and figures, where the name should be in full.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables. Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

References

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. References to more than one publication are chronologically ordered, separated by commas. Use '&' for two authors and italicized '*et al*' for more than two authors. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Panizzi 1990). This result was later contradicted by Parra & Zucchi (2006).

This effect has been widely studied (Vilela 1991, Moscardi *et al* 1995, Frey da Silva & Grazia 2006, Moscardi *et al* 2009).

Reference List

Type references in alphabetical order, one per paragraph, with no space between them. The authors' last names are typed in full, followed by capital initials. Use a comma to separate the names of authors. Add the reference year after the authors' names, between parentheses. Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php. Please avoid citations of dissertations, theses and extension materials. Do not cite restricted-circulation materials (such as institutional documentation and research reports), partial research reports or abstracts of papers presented at scientific meetings.

- Journal article

Grosman AH, Janssen A, Brito EF, Cordeiro EG, Colares F, Fonseca JO, Lima ER, Pallini A, Sabelis MW (2008) Parasitoid increases survival of its pupae by inducing hosts to fight predators. PLoS ONE 3(6):e2276. doi:10.1371/journal.pone.0002276

- Article by DOI

Warner KD (2011) Fighting pathophobia: how to construct constructive public engagement with biocontrol for nature without augmenting public fears. BioControl doi:10.1007/s10526-011-9419-x

- Book

Carey J R (1993) Applied demography for biologists with special emphasis on insects. New York, Oxford University Press, Inc, 206p.

- Book chapter

Datnoff LE, Seebold KW, Correa FJ (2001) The use of silicon for integrated disease management reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance, p.209-219. In Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) Silicon in agriculture. Amsterdam, Elsevier Science, 403p.

- Online document

Monteiro RC, Lima EFB (2011) Thysanoptera of Brazil. <http://www.lea.esalq.usp.br/thysanoptera/>. Accessed 25 November 2011.

- o Dissertation

Nihei SS (2004) Sistemática e biogeografia de Muscini (Diptera, Muscidae). PhD. Thesis, Universidade Federal do Paraná.

Tables

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics (line art), the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts (Calibri type) embedded in the files. Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art

Definition: Black and white graphic with no shading.

Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.

If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art

Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.

Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

Color art is free of charge for online publication.

If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.

If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions. Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

To add lettering, please use Calibri font only.

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt). Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order. Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, **not in the figure file**.

Figure captions begin with the term Fig followed by a space and the figure number, both in roman type (e.g., Fig 1). No punctuation is to be included after the number.

Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

When preparing your figures, size figures to fit in the column width.

Figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that:

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text- to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

Supply all supplementary material in standard file formats.

Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.

To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability. A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.

If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as xls files (MS Excel).

Specialized Formats

Specialized format such as pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.

Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.

Name the files consecutively, e.g. “ESM_3. mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that:

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material.
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk).

After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer’s web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform Springer Link. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, they agree to the Springer Open Choice Licence.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color Illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof Reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, no further changes can be made to the article. Scientific errors can be corrected by means of an Erratum, which will be hyperlinked to the article. Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

ANEXO B: NORMAS DA REVISTA EXPERIMENTAL AND APPLIED ACAROLOGY

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

MANUSCRIPT SUBMISSION

Submission of a manuscript implies

That the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

TITLE PAGE

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title

- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- The text of a research paper should be divided into Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, Conflict of Interest, and References.
- Materials and Methods must include statement of Human and Animal Rights.
- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.

Note: Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions). Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

LaTeX macro package (zip, 182 kB)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

SCIENTIFIC STYLE

Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).

SCIENTIFIC STYLE

Genus and species names should be in italics.

SCIENTIFIC STYLE

Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.:

- Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities
- Roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)
- Bold for vectors, tensors, and matrices.

REFERENCES

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

Journal article

- Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8
- Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted: Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329
- *Article by DOI*
- Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086
- *Book*
- South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London
- *Book chapter*
- Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257
- *Online document*
- Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007
- *Dissertation*

- Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see ISSN.org LTWA

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

EndNote style (zip, 2 kB)

TABLES

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.
-

Line Art

line-bw

- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

halftone-gray-color

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art

combined

- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.

- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.