

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE BIOCÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

DANIEL LUCAS DA SILVA

**ASPECTOS ECOTOXICOLÓGICOS DE *RAOIELLA INDICA* E SELETIVIDADE DE  
ACARICIDAS A *NEOSEIULUS BARKERI***

Recife

2023

DANIEL LUCAS DA SILVA

**ASPECTOS ECOTOXICOLÓGICOS DE *RAOIELLA INDICA* E SELETIVIDADE DE  
ACARICIDAS A *NEOSEIULUS BARKERI***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Biologia Animal.

**Área de Concentração:** Biologia Animal

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Débora Barbosa de Lima Melo

Recife

2023

Catálogo na Fonte:  
Bibliotecária Natália Nascimento, CRB4/1743

Silva, Daniel Lucas da.

Aspectos ecotoxicológicos de *raoiella indica* e seletividade de acaricidas e *neoseiulus barkeri*. / Daniel Lucas da Silva. – 2023.

81 f. : il., fig.; tab.

Orientadora: Débora Barbosa de Lima Melo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia animal, Recife, 2023.

Inclui referências.

1. Suscetibilidade. 2. Planta hospedeira. 3. Controle biológico. 4. Fitoseídos. I. Melo, Débora Barbosa de Lima. (orient.). II. Título.

587

CDD (22.ed.)

UFPE/CB – 2023-072

DANIEL LUCAS DA SILVA

**ASPECTOS ECOTOXICOLÓGICOS DE *RAOIELLA INDICA* E SELETIVIDADE DE  
ACARICIDAS A *NEOSEIULUS BARKERI***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Biociências, como requisito para obtenção do título de mestre em Biologia Animal. Área de Concentração: Biologia Animal

Aprovado em: 27/02/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Débora Barbosa de Lima Melo (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Wendel José Teles Pontes (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Manoel Guedes Corrêa Gondim Júnior (Examinador Externo)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Maria França (Examinadora Externa)  
Universidade Estadual do Maranhão

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Érica Costa Calvet (Suplente Externa)  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana Iannuzzi (Suplente Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho ao meu pai  
Sebastião, a minha mãe Jane, e a todos meus  
amigos e familiares que estiveram comigo  
nessa jornada.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer ao meu pai Sebastião José, que sempre foi a pessoa que mais me apoiou no caminho que eu escolhi seguir. Sei que o senhor estaria orgulhoso de mim. A minha mãe Jane Lucas por estar sempre ao meu lado, e sempre ter feito o que podia para me ajudar nesta caminhada. Amo vocês por tudo que fizeram por mim.

Quero agradecer a minha orientadora a professora Débora Barbosa de Lima Melo por toda a orientação, ensinamentos, pela paciência e pela oportunidade de realizar este trabalho. Sou muito grato por tudo, muito obrigado. Agradeço ao Dr. José Eudes pelos ensinamentos e por disponibilizar os acarídeos utilizados em nossa pesquisa, muito obrigado. Quero agradecer também a todos os outros membros do laboratório de Acarologia da UFPE, por todos os momentos compartilhados, pelas conversas e momentos de descontração, e por me ajudarem sempre que podiam. Tornaram essa jornada mais leve. Quero agradecer em especial a Isabel e a Bruna que me receberam e me instruíram inicialmente no mundo dos ácaros. E também ao Pedro e a Jayrla que me ajudaram durante grande parte desta jornada. Obrigado a todos!!

Quero agradecer também ao professor Manoel Guedes, conhecido como professor Mano, por todos os ensinamentos e aprendizados, e por sempre disponibilizar seu laboratório para realização dos experimentos quando precisei. Muito obrigado. Agradecer também a todos do laboratório de Acarologia da UFRPE, pelos momentos, conversas e risos, e por me fazerem se sentir parte desse laboratório, em especial a Lídia e ao André.

Agradeço também a todos meus familiares e amigos que estavam ao meu lado durante essa caminhada. Agradeço a Adriana que é como uma segunda mãe para mim, obrigado por estar sempre presente. Agradeço aos meus amigos de longa jornada “Michoquinhas” por toda a amizade, companheirismo e por todos os momentos, vivemos muitas coisas juntos, vocês são muito importantes para mim, amo vocês. Quero agradecer ao meu querido grupo “c. ticuinque” que o TCC uniu e que se tornaram pessoas importantes na minha vida, agradeço por toda amizade, momentos e conselhos, amo muito cada um de vocês.

Quero agradecer especialmente a algumas pessoas durante essa jornada. Ao Pedro, que sempre me ajudou e foi como os japoneses dizem, o meu “senpai”, obrigado por tudo amigo. Ao Gabriell que já foi meu companheiro de laboratório, e sempre que eu passava dor de cabeça com excel ele tava lá pra me salvar, obrigado. A Kivia minha parceira de FACEPE que se perdia nos relatórios semestrais assim como eu, obrigado pelos momentos amiga. Ao Vini, vulgo

Carlinhos, por tudo durante esse mestrado. Por toda amizade, conselhos, os rolês, aos momentos de aprendizagem nas disciplinas que pagamos juntos, você é uma pessoa incrível e especial para mim. A Du por toda a amizade ao longo de tantos anos, não só pelos momentos de diversão, mas também por todos os momentos que você me acolheu, me escutou, me aconselhou e me acalmou, você é muito especial em minha vida. Amo todos vocês, obrigado!!

Também gostaria de agradecer ao professor Wagner Melo por toda ajuda durante esse mestrado. Ao Mateus que sempre se mostrou disponível para me ajudar com a criação dos ácaros quando precisei. A Dr<sup>a</sup> Rita Pereira e toda equipe do Herbário do IPA por me ajudarem nas identificações das espécies botânicas.

Meus agradecimentos a empresa Topbio que disponibilizou os ácaros para realização dessa pesquisa, sem a doação deles isso não seria possível, muito obrigado.

Agradeço a bolsa disponibilizada pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE.

E por fim agradecer a todos que me ajudaram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa. Muito obrigado a todos!

## RESUMO

*Raoiella indica* Hirst é uma espécie invasora de importância mundial que tem ampliado sua gama de hospedeiro rapidamente. Os principais métodos de controle utilizado e/ou estudado contra esse herbívoro é o controle químico e controle biológico. É sabido que a suscetibilidade dos organismos a produtos químicos pode variar de acordo com o hospedeiro na qual estes se alimentam e que a utilização de acaricidas não seletivos pode afetar o controle biológico. Com isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a suscetibilidade de *R. indica* a acaricidas (abamectina, azadiractina, fenpiroximato e piridabem) e a taxa instantânea de crescimento (*ri*) quando oriundo de diferentes hospedeiros (*Cocos nucifera* L., *Wodyetia bifurcata* Irvine e *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc.). O método residual foi utilizado, e a contagem de fêmeas vivas e mortas após 24 hrs para o obter as CL50 foram realizadas. Para o *ri* os ácaros foram mantidos em mudas, e a contagem de indivíduos e ovos durante sete dias foram realizadas. Adicionalmente, o presente trabalho também objetivou avaliar a seletividade dos mesmos acaricidas para *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae), onde toxicidade, sobrevivência, viabilidade, oviposição, *ri* e classificação de toxicidade de acaricidas segundo IOBC foram avaliados. A seletividade de *N. barkeri* foi avaliada comparando a toxicidade dos acaricidas entre *R. indica* e *N. barkeri*, onde o mesmo método empregado nos experimentos de suscetibilidade foi utilizado. Para sobrevivência, viabilidade, oviposição e *ri*, fêmeas de *N. barkeri* foram mantidas em unidades experimentais, contabilizando indivíduos vivos e mortos, e a quantidade de ovos até a morte da última fêmea, exceto para o *ri* no qual apenas os dados equivalentes a 10 dias foram utilizados. Quanto a classificação de toxicidade, os dados obtidos nos experimentos de sobrevivência viabilidade e oviposição foram utilizados para calculá-la. Os resultados dos experimentos de suscetibilidade verificaram que indivíduos de *R. indica* proveniente de *C. nucifera* tiveram uma maior CL50 para todos os acaricidas, indicando serem menos susceptíveis aos acaricidas. Além disso, um maior *ri* foi observado demonstrando a influência do hospedeiro sobre a biologia do herbívoro. Com relação aos experimentos de seletividade, abamectina demonstrou ser um produto seletivo para o *N. barkeri*. Já para azadiractina, não foi possível obter curvas de concentração-resposta devido à baixa mortalidade do predador. Nenhum acaricida afetou a sobrevivência, contudo fenpiroximato e azadiractina reduziram o tempo médio de sobrevivência, enquanto todos os acaricidas afetaram a viabilidade. Com relação ao *ri*, piridabem foi o único que demonstrou baixos valores quando comparado com o controle. Quanto a classificação de toxicidade de acaricidas da IOBC, o

piridabem foi classificado como moderadamente nocivo, enquanto os demais acaricidas foram classificados como inofensivos. Como conclusão, os dados do presente estudo demonstraram que *R. indica* oriundo de coqueiro torna-se mais tolerante a acaricidas que quando oriundo dos demais hospedeiros estudados e que abamectina se mostrou um acaricida seletivo para *N. barkeri*.

**Palavras-chaves:** Suscetibilidade, Planta hospedeira, Controle biológico, Fitoseídeos

## ABSTRACT

*Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) is an invasive species of worldwide importance that has expanded its host range rapidly. The main control methods used and/or studied against this herbivore are chemical control and biological control. It is known that the susceptibility of organisms to chemical products can vary according to the host on which they feed and that the use of non-selective acaricides can affect biological control. Thus, the present study aimed to evaluate the susceptibility of *R. indica* to acaricides (abamectin, azadirachtin, fenpyroximate and pyridaben) and the instantaneous growth rate (*ri*) when originating from different hosts (*Cocos nucifera* L., *Wodyetia bifurcata* Irvine and *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc). For this, the lethality of acaricides (abamectin, azadirachtin, fenpyroximate and pyridaben) on *R. indica* in different hosts was detected. The residual method was used, and the counting of live and dead females after 24 hours to obtain the LC50 was performed. To the *ri* the mites were followed in seedlings, and the counting of individuals and eggs during seven days were carried out. In addition, the present work also aimed to evaluate the selectivity of the same acaricides for *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae), where toxicity, survival, viability, oviposition, *ri* and toxicity classification of acaricides according to IOBC were accredited. The selectivity of *N. barkeri* was evaluated by comparing the toxicity of acaricides between *R. indica* and *N. barkeri*, where the same method employed in the susceptibility experiments was used. For survival, viability, oviposition and *ri*, females of *N. barkeri* were kept in experimental units, counting live and dead individuals, and the number of eggs until the death of the last female, except for *ri* in which only data equivalent to 10 days were used. As for the classification of toxicity, the data obtained in the experiments of survival, viability and oviposition were used to calculate it. The results of the susceptibility experiments verified that individuals of *R. indica* from *C. nucifera* had a higher LC for all acaricides, indicating that they are less susceptible to acaricides. In addition, a higher *ri* was observed demonstrating the influence of the host on the biology of the herbivore. With regard to selectivity experiments, abamectin proved to be a selective product. As for azadirachtin, it was not possible to obtain concentration-response curves due to the low mortality of the predator. No acaricides affected survival, but fenpyroximate and azadirachtin reduced the mean survival time, while all acaricides affected viability. With regard to *ri*, pyridaben was the only one that showed low values when compared to the control. As for the IOBC toxicity classification of acaricides, pyridaben was classified as moderately harmful, while the other acaricides were classified as

harmless. In conclusion, the data from the present study that *R. indica* originating from coconut becomes more tolerant to acaricides than when originating from others hosts plants and that abamectin proved to be a selective acaricide for *N. barkeri*.

**Keywords:** Susceptibility, Host plant, Biological control, Phytoseids

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Curvas de sobrevivência de *N. barkeri* exposto aos acaricidas .....79
- FIGURA 2** - Tempo médio de sobrevivência de *N. barkeri* em dias quando exposto aos acaricidas e água destilada (controle). Barras com a mesma letra não diferem entre si através do teste de Kruskal – Wallis ( $P > 0,05$ ) .....80
- FIGURA 3** - Taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de *N. barkeri* quando exposto aos acaricidas e água destilada (controle). Asterisco indica diferença significativa através do teste de Kruskal – Wallis ( $P < 0,05$ ) .....81

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

**Tabela 1-** Toxicidade de acaricidas para fêmeas adultas de *R. indica* em diferentes plantas hospedeiras .....53

**Tabela 2-** Taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de *R. indica* em diferentes hospedeiros .....54

### ARTIGO 2

**Tabela 1-** Toxicidade de acaricidas para fêmeas adultas de *N. barkeri* e *R. indica*.....77

**Tabela 2-** Fecundidade, viabilidade, efeito cumulativo e classificação IOBC de *N. barkeri* exposto a diferentes acaricidas .....78

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1 RAOIELLA INDICA.....	17
2.2 CONTROLE QUÍMICO .....	18
2.3 SUSCEPTIDADE DE ACARICIDAS EM DIFERENTES HOSPEDEIROS .....	20
2.4 CONTROLE BIOLÓGICO .....	21
2.5 NEOSEIULUS BARKERI .....	22
2.6 SELETIVIDADE DE ACARICIDAS .....	24
REFERÊNCIAS.....	26
<b>3 ARTIGO 1.....</b>	<b>35</b>
<b>4 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
5.1 LOCAL E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS .....	38
5.2 COLETA DOS ÁCAROS .....	38
5.3 ACARICIDAS .....	38
5.4 BIOENSAIO DE TOXICIDADE .....	38
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	39
5.6 INTERFERÊNCIA DA PLANTA HOSPEDEIRA SOBRE A TAXA INSTANTÂNEA DE CRESCIMENTO DE <i>R. INDICA</i> .....	39
5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	40
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
6.1 BIOENSAIO DE TOXICIDADE .....	41
6.2 INTERFERÊNCIA DA PLANTA HOSPEDEIRA SOBRE A TAXA INSTANTÂNEA DE CRESCIMENTO .....	42
<b>7 DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
REFERÊNCIAS .....	46
<b>8 ARTIGO 2.....</b>	<b>55</b>
<b>9 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>55</b>

<b>10 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>59</b>
10.1 LOCAL DE EXECUÇÃO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS .....	59
10.2 COLETA E CRIAÇÃO DOS ÁCAROS .....	59
10.3 ACARICIDAS .....	59
10.4 BIOENSAIO DE TOXICIDADE .....	59
10.5 SOBREVIVÊNCIA, FECUNDIDADE E TAXA INSTANTÂNEA DE CRESCIMENTO DE FÊMEAS DE <i>N. BARKERI</i> E VIABILIDADE DOS OVOS PRODUZIDOS DURANTE A EXPOSIÇÃO AOS ACARICIDAS .....	59
10.6 CLASSIFICAÇÃO DA TOXICIDADE SEGUNDO IOBC .....	62
<b>11 RESULTADOS</b> .....	<b>63</b>
11.1 BIOENSAIO DE TOXICIDADE .....	63
11.2 SOBREVIVÊNCIA, FECUNDIDADE E TAXA INSTANTÂNEA DE CRESCIMENTO DE FÊMEAS DE <i>N. BARKERI</i> E VIABILIDADE DOS OVOS PRODUZIDOS DURANTE A EXPOSIÇÃO AOS ACARICIDAS .....	63
11.3 CLASSIFICAÇÃO DA TOXICIDADE SEGUNDO A IOBC .....	63
<b>12 DISCUSSÃO</b> .....	<b>65</b>
REFERÊNCIAS .....	68

## 1 1 INTRODUÇÃO GERAL

2 *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) é uma espécie invasora de importância  
3 mundial que tem expandido sua gama de hospedeiro rapidamente (Navia et al. 2015).  
4 Atualmente, poucas recomendações técnicas para impedir o aumento populacional desse  
5 herbívoro-praga são registradas. Dentre essas técnicas, o uso de acaricidas (Rodrigues & Peña,  
6 2011; Correa-Méndez et al., 2018; Ruiz-Jimenez et al., 2021) e o controle biológico (Peña et  
7 al., 2009; Carrillo et al., 2012; Moraes et al., 2012; Domingos et al., 2013; Carrillo et al., 2014)  
8 têm recebido destaque.

9 É sabido que a suscetibilidade dos organismos a produtos químicos pode variar de  
10 acordo com o hospedeiro na qual estes se alimentam (Yu et al. 1983, Dermauw et al. 2021,  
11 Islam 2019). Isto se deve a variedade de compostos secundários que o hospedeiro produz para  
12 a sua defesa (Mullin et al. 1982). Estudos indicam que organismos polípagos, como *R. indica*,  
13 são mais eficientes em desintoxicar compostos secundários oriundos de plantas em comparação  
14 com os organismos especialistas (Krieger et al. 1971), estando esta destoxificação comumente  
15 associada a presença de enzimas (Edwards & Wratten, 1980).

16 Embora o uso de acaricidas seja o método mais utilizado contra *R. indica* ao redor do  
17 mundo, no Brasil há apenas um produto registrado para o seu controle (Ematerce 2023), e o uso  
18 único e exclusivo deste pode levar a diversos problemas tais como: aplicações em excesso,  
19 presença de resíduos sobre alimento, elevar os riscos ambientais, desenvolvimento de  
20 populações resistentes, dentre outros (Levitan et al., 1995; Levitan, 2000; Ribeiro et al., 2012;  
21 Navia et al., 2015). Uma alternativa de minimizar tais impactos, e ainda assim promover um  
22 controle eficiente de *R. indica*, é integrar o controle químico com o biológico. Essa integração  
23 é possível através do uso de produtos seletivos, os quais atuariam de forma letal sobre a praga  
24 e não afetaria os agentes de controle biológico presentes na área (Lima et al. 2013a).

25 Dentre os inimigos naturais que vem apresentando potencial para o controle de *R.*  
26 *indica*, destaca-se *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) (Filgueiras et al., 2020a,  
27 Filgueiras et al., 2020b, Filgueiras et al., 2020c). De acordo com a classificação proposta por  
28 McMurtry et al., (2013), *N. barkeri* é uma espécie generalista do tipo III, um ácaro generalista  
29 que se alimenta preferencialmente de presas, incluindo diferentes famílias de ácaros como  
30 tetraniquídeos e tarsonemídeos, ácaros de grãos armazenados e pequenos insetos como tripes e  
31 estágios imaturos de mosca-branca, e que facultativamente pode ter uma alimentação

1 complementar tais como pólen, exsudatos açucarados e néctar (Mcmurtry et al., 2013). Este  
2 predador já demonstrou ser capaz de completar o seu desenvolvimento alimentando-se  
3 exclusivamente de *R. indica* e também de reduzir populações de *R. indica* em plantas de  
4 coqueiro após liberações em campo (Filgueiras et al. 2020a). Esse predador foi recentemente  
5 registrado para o controle de *R. indica* (Agrofit 2023). Contudo, o uso indiscriminado de  
6 pesticidas não seletivos pode prejudicar o controle biológico impedindo que esse atue junto ao  
7 controle químico e dificultando um controle mais eficiente da praga. Assim, a presente  
8 dissertação teve como objetivos: avaliar a suscetibilidade de *R. indica* aos acaricidas  
9 abamectina, azadiractina, fenpiroximato e piridabem quando oriundo de diferentes hospedeiros  
10 (*Cocus nucifera* L., *Wodyetia bifurcata* Irvine e *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc) através da  
11 comparação das  $CL_{50}$  obtidas, razão de seletividade e ITR (índice de toxicidade relativa), a  
12 taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) do *R. indica* nesses diferentes hospedeiros, além da  
13 seletividade dos acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato e piridabem sobre *N.*  
14 *barkeri*, através da avaliação dos efeitos letais (toxicidade) comparando suas  $CL_{50}$  e os efeitos  
15 subletais através da sobrevivência, fecundidade,  $r_i$  e a classificação de toxicidade desses  
16 acaricidas segundo a IOBC (International Organization for Biological Control) utilizando o  
17 método proposto por Sterk et al. (1999) para avaliação da diferença de toxicidade entre  
18 acaricidas em laboratório.

## 1 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2 2.1 RAOIELLA INDICA

3 *Raoiella indica* Hirst é uma espécie de ácaro fitófago pertencente à família  
4 Tenuipalpidae (Hirst, 1924). Este ácaro possui uma coloração avermelhada, sendo conhecido  
5 comumente como ácaro-vermelho-das-palmeiras (Etienne & Fletchmann, 2006; Carrillo et al.,  
6 2012; Navia et al., 2015). Esta é uma espécie endêmica do Oriente Médio e Sudeste da Ásia,  
7 tendo sido descrita pela primeira vez em folhas de coqueiros na Índia em 1924 (Hirst 1924).  
8 Apesar disso, com base em análises filogenéticas acredita-se que o Oriente Médio seja o seu  
9 verdadeiro centro de origem (Dowling et al., 2011). Após ter sido registrada como espécie  
10 exótica nas Américas em 2004, foi reportada nos Estados Unidos em 2007 (Hoy et al., 2022),  
11 na Venezuela também em 2007 (Vàsquez et al., 2008), e no México em 2009 (Nappo, 2023).  
12 Quando foi registrada na Venezuela em 2007, foi decretada como praga quarentenária ausente  
13 no Brasil (Vàsquez et al., 2008; Navia et al., 2015; Melo et al., 2018). Após dois anos, este  
14 ácaro foi observado em infestações de folhas de coqueiro no estado de Roraima, Brasil (Navia  
15 et al., 2011). Logo depois este foi reportado em Manaus (2011), e rapidamente se estabeleceu  
16 pela região norte (Rodrigues & Antony 2011; Melo et al., 2018). A distribuição de *R. indica*  
17 ficou aproximadamente durante cinco anos restrita ao Norte do país, quando em 2016 foi  
18 registrado pela primeira vez no Nordeste, no Ceará (Melo et al., 2018). Depois de alguns meses,  
19 *R. indica* foi também detectado em demais estados do Nordeste e de outras regiões, sendo  
20 eles: Alagoas, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, Distrito  
21 Federal, Goiás, Minas Gerais e São Paulo (Melo et al., 2018).

22 Antes de se estabelecer no ocidente, o número de espécies botânicas atacadas pelo *R.*  
23 *indica* era menos de 10 espécies conhecidas, onde o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e a tamareira  
24 (*Phoenix dactylifera* L.) eram as principais hospedeiras deste ácaro (Navia et al., 2015). Ao  
25 longo dos anos o *R. indica* tem demonstrado uma alta capacidade adaptativa a novas plantas  
26 hospedeira, tendo atualmente cerca de 100 espécies botânicas conhecidas (Cocco & Hoy, 2009;  
27 Carrillo et al., 2012; Gondim Jr. et al., 2012; Melo et al., 2018; Sousa Neto et al., 2021). Grande  
28 parte das plantas hospedeiras de *R. indica* já reportadas são monocotiledôneas, onde a sua  
29 maioria pertence a família Arecaceae, seguido da família Musaceae (Peña et al., 2010; Carrillo  
30 et al., 2012; Gómez-Moya et al., 2017).

31 Uma vez que *R. indica* é uma espécie polífaga, esta vem ocasionando danos econômicos  
32 em diferentes culturas, principalmente ao cultivo do coco e da banana (Flechtmann & Etienne,

1 2004; Kane et al., 2005; Peña et al., 2009; Otero-Colina et al., 2016). Esses danos são resultados  
2 de sua alimentação. Mas diferente da maioria dos ácaros fitófagos, os ácaros da família  
3 Tenuipalpidae são os primeiros ácaros que foi observado se alimentando diretamente dos  
4 estômatos de seu hospedeiro (Ochoa et al., 2011). O que prejudica a capacidade da planta de  
5 regular efetivamente as trocas gasosas, levando a um processo de clorose nas folhas infestadas  
6 (Carrillo et al., 2012; Ochoa et al., 2011). Segundo alguns relatos, os danos ocasionados devido  
7 a alimentação de *R. indica* podem causar uma perda significativa na produção dos cultivos,  
8 podendo levar até a morte em espécimes jovens (Peña et al., 2009; Carrillo et al., 2012).  
9 Segundo o Presidente da Associação de Produtores do Coco de Trindade e Tobago, Philippe  
10 Agostini, as perdas no cultivo chegaram a 70% um ano após a infestação (Roda et al., 2012).  
11 Em menor escala, o *R. indica* também pode trazer danos a plantas de interesse ornamental,  
12 principalmente outras espécies de palmeiras, ou ainda algumas outras famílias como  
13 Heliconiaceae e Zingiberaceae (Roda et al., 2008; Vásquez et al., 2015). Roda et al. (2008)  
14 observaram elevada população de *R. indica* em diversas espécies de plantas de importância  
15 ornamental no Caribe. Além das espécies de Arecaecea e Musaceae, foi encontrada oito  
16 espécies da Heliconiaceae e quatro da família Zingiberaceae, com elevada infestação e danos  
17 como amarelamento e necrose foliar.

18 Além do impacto socioeconômico, alguns trabalhos avaliaram possíveis impactos  
19 ecológicos que o *R. indica* pode causar. Barros et al. (2020) mostraram que a presença do *R.*  
20 *indica* tem afetado a distribuição das espécies de ácaros nativos presentes em coqueiros. Os  
21 resultados demonstram uma diferença na abundância e diversidade da família das espécies de  
22 ácaros. Essa diferença no resultado pode ser devida a competição por recursos do *R. indica* com  
23 espécies nativas. Essa competição pode comprometer aspectos reprodutivos de espécies  
24 nativas, como foi observado por Calvet et al. (2022) em estudo de competição de *R. indica* com  
25 a espécie nativa *Oligonychus pratensis* (Banks) (Tetranychidae). Eles verificaram que a  
26 presença do *R. indica* reduziu significativamente a taxa de oviposição de *O. pratensis*, e que  
27 havia uma preferência por parte do *R. indica* a folíolos previamente colonizados por esta espécie  
28 nativa.

## 29 2.2 CONTROLE QUÍMICO

30 Dois métodos de controle são registrados e/ou utilizados contra *R. indica*, são eles:  
31 controle biológico (Peña et al., 2009; Carrillo et al., 2012; Moraes et al., 2012; Domingos et al.,  
32 2013; Carrillo et al., 2014) e controle químico (Rodrigues & Peña, 2012; Correa-Méndez et al.,

1 2018; Ruiz-Jimenez et al., 2021). Dentre estes, o controle químico tem sido o mais utilizado  
2 para redução das populações de *R. indica* em campo (Moraes et al., 2012; Navia et al., 2015).

3 O uso de acaricidas organossintéticos é predominante e tem sido o principal foco de  
4 trabalhos que envolvam o controle de *R. indica* (Rodrigues & Peña, 2012; Van Leeuwen et al.,  
5 2015; Sánchez-Vásquez et al., 2017; Correa-Méndez et al., 2018). Apesar disso, abamectina é  
6 atualmente o único produto registrado junto ao Ministério da Agricultura para o manejo deste  
7 herbívoro-praga no Brasil (Ematerce 2023). Contudo, outros acaricidas já foram estudados  
8 quanto a toxicidade sobre o *R. indica*, como espiromesifeno, abamectina, milbemectina e  
9 acequinocil, bifentrine, amitraz, fenpiroximato, clorfenapir, propargite e fenazaquin (Rodrigues  
10 & Peña, 2012; Vázquez et al., 2017; Correa-Méndez et al., 2018; Ruiz-Jimenez et al., 2021).

11  
12 O uso de pesticidas naturais para controle de herbívoras-pragas em plantações é também  
13 muito comum em campo, como por exemplo o uso da planta neem (*Azadirachta indica* A. Juss.)  
14 no qual tem sido usado há décadas em várias partes do mundo (Copping & Duke, 2007; Pino  
15 et al., 2013). O neem já demonstrou efeito positivo reduzindo a densidade de populações de *R.*  
16 *indica* em cultivos na Índia (Saradamma 1972). Porém, em estudos mais recente seu efeito  
17 sobre o controle de *R. indica* tem sido variável, devido as diferentes concentrações utilizadas e  
18 ao processo de obtenção do princípio ativo (Azadiractina) que pode ser realizada de formas  
19 diferentes (Broglia-Micheletti). Rodrigues & Peña (2012) por exemplo averiguaram que o óleo  
20 do neem não causou redução da densidade populacional de *R. indica*. Por outro lado, Ruiz-  
21 Jimenez et al. (2021) avaliaram a taxa de mortalidade em populações de *R. indica* no coqueiro  
22 quando expostas ao extrato da planta de neem onde foi observado elevadas taxas de mortalidade  
23 em diferentes concentrações.

24 O controle químico apesar de ser o método mais difundido para controle do *R. indica*,  
25 sua utilização em grandes áreas de produção possui pontos negativos como: alto custo para  
26 aplicação em plantas de grande porte como o coqueiro e alta taxa residual no ambiente (Chaim  
27 et al., 1999; Levitan, 2000; Navia et al., 2015). Plantas como coqueiro requerem um  
28 equipamento especializado para aplicação de acaricidas, sendo eles extremamente custosos,  
29 tornando-se um grande problema para pequenos produtores (Chaim et al., 1999; Chaim et al.,  
30 2003; Navia et al., 2015). Além disso, no controle químico é comum o uso de acaricidas em  
31 repetidas pulverizações para a eliminação das populações de pragas, e parte destes produtos  
32 aplicados pode atingir organismo-alvo e outra parte chegar ao ambiente, afetando solo,

1 atmosfera, água subterrânea, e até possíveis inimigos naturais (Bettiol & Ghini, 2003; Chaim  
2 et al., 2003). Outro ponto importante é que o uso exclusivo ou indevido de acaricidas pode  
3 promover o surgimento de indivíduos resistentes dentro das populações, muitas vezes associado  
4 ao uso de diversos químicos que possuem o mesmo sítio de ação (Whalon et al., 2009). Levando  
5 em considerações estes pontos, a busca por técnicas de manejo mais sustentáveis tem sido  
6 explorada, no qual estudos envolvendo suscetibilidade, controle biológico e seletividade vem  
7 sendo realizados, e a procura por inimigos naturais e produtos efetivos e seletivos para o  
8 controle de *R. indica* intensificadas (Peña et al., 2009; Moraes et al., 2012; Domingos et al.,  
9 2013; Carrillo et al., 2014).

### 10 2.3 SUSCETIBILIDADE A ACARICIDAS EM DIFERENTES HOSPEDEIROS

11 Os artrópodes possuem diversos mecanismos que podem conferir tolerância ou  
12 resistência a pesticidas, são eles: redução de penetração da cutícula, destoxificação, aumento  
13 da taxa de excreção e insensibilidade ao sítio alvo (Clark et al., 1995). O principal mecanismo  
14 comumente associado a tolerância e resistência na maioria dos artrópodes é a destoxificação de  
15 pesticidas através de enzimas destoxificadores. Esterases, monooxigenases e glutatioana-S-  
16 transferase são as enzimas mais envolvidas nesses processos (Kim et al., 2004; Ay & Kara  
17 2011; Namin et al.. 2020).

18 A suscetibilidade de artrópodes polívoros a pesticidas varia entre as diferentes espécies,  
19 e pode ser afetada pelo hospedeiro do qual eles se alimentam (Yu, 1983; Demauw et al. 2012;  
20 Islam 2019). Uma das principais adaptações que os artrópodes herbívoros desenvolveram na  
21 história coevolutiva com as plantas foi a capacidade de metabolizar e desintoxicar os compostos  
22 secundários produzidos por elas, onde as monooxigenases recebem grande destaque (Mullin et  
23 al. 1982; Dermauw et al. 2012). Esses compostos secundários conhecidos como aleloquímicos  
24 é o principal mecanismo de defesa da planta contra a herbivoria (Owen & Wiegert, 1976). A  
25 constante exposição a esses químicos pode gerar uma pressão que seleciona indivíduos mais  
26 resistentes, gerando uma população menos suscetível, onde os mecanismos destoxificadores  
27 associados a esta menor suscetibilidade pode promover também uma tolerância ou resistência  
28 a diferentes pesticidas (Mullin et al. 1982; Demauw et al. 2012; Islam 2019). Em estudo com o  
29 *Tetranychus urticae* Koch, Dermauw et al. (2012) avaliaram a suscetibilidade de duas linhagens  
30 do ácaro a diferentes acaricidas. Uma linhagem susceptível foi criada em plantas hospedeiras  
31 diferentes por 5 gerações (80 dias), uma planta era o feijão, planta hospedeira comum para  
32 linhagem, e a outra criada em tomate. Os resultados mostraram uma menor suscetibilidade da

1 linhagem criada no tomate para dois dos cinco acaricidas avaliados, demonstrando como a  
2 adaptação a uma nova planta hospedeira pode afetar a suscetibilidade desses organismos a  
3 diferentes acaricidas.

4         Acredita-se que herbívoros-pragas especialistas possam ser menos afetadas aos  
5 compostos produzidos de seu hospedeiro (Cornell & Hawkins, 2003). Por outro lado, como os  
6 herbívoros-pragas polípagos lidam com uma grande variedade de aleloquímicos, estes podem  
7 possuir uma melhor capacidade de destoxificação dos diversos acaricidas (Krieger et al., 1971).  
8 Islam (2019) realizou experimentos de toxicidade com *T. urticae* proveniente de diferentes  
9 hospedeiros, no qual foi observado diferentes  $CL_{50}$  entre os acaricidas testados nas diferentes  
10 populações infestantes. Esse resultado indica mais uma vez como a influência da planta  
11 hospedeira pode afetar suscetibilidade deste herbívoro-praga aos diferentes acaricidas.  
12 Resultados similares foram encontrados por Yang et al. (2001), que observaram uma diferença  
13 na atividade enzimática de *T. urticae* em populações advindas de plantas hospedeiras diferentes  
14 quando expostas aos mesmos acaricidas.

15         Assim como o *T. urticae*, o *R. indica* é uma espécie polífaga no qual diferentes  
16 hospedeiros podem afetar a biologia, desenvolvimento, oviposição e outros parâmetros de *R.*  
17 *indica* (Flores-galano et al., 2010; Gonzáles & Ramos, 2010; Vásquez et al., 2015; Gómez-  
18 Moya et al., 2017). Contudo, não há informações quanto a influência das principais espécies  
19 hospedeiras de *R. indica* e a sua suscetibilidade a acaricidas. Estudos como esses são  
20 importantes uma vez que estes ácaros demonstram uma alta capacidade adaptativa a novas  
21 plantas hospedeiras (Cocco & Hoy, 2009; Carrillo et al., 2011; Gondim Jr. et al., 2012; Melo et  
22 al., 2018; Sousa Neto et al., 2021).

## 23 2.4 CONTROLE BIOLÓGICO

24         Embora o controle químico seja o mais utilizado, o controle biológico tem sido citado  
25 como uma das estratégias promissoras para o controle de *R. indica* (Peña et al., 2009; Carrillo  
26 et al., 2012b; Moraes, 2012; Domingos et al., 2013). Dentre os inimigos naturais que podem  
27 ser utilizados nesse método de controle destaca-se os ácaros predadores. Os ácaros da família  
28 Phytoseiidae vêm sendo fortemente estudados há vários anos devido ao seu reconhecido  
29 potencial como agentes de controle biológico de ácaros, tripses e moscas-brancas (Arthurs et al.,  
30 2009; Calvo et al., 2012; McMurtry et al., 2013; McMurtry et al., 2015). Na maioria dos  
31 ecossistemas, os fitoseídeos são os predadores mais frequentemente encontrados explorando o

1 habitat arborícola (McMurtry, 2010). Muitas das espécies de fitoseídeos possuem mecanismos  
2 que facilitam sua dispersão, além do mais, grande parte possuem um rápido desenvolvimento,  
3 completando seu ciclo de vida em poucos dias (McMurtry et al., 2015).

4 Coelho et al. (2020) avaliaram o potencial de predação de três ácaros predadores sobre  
5 *R. indica*: *Amblyseius largoensis* (Muma), *Typhlodromus (Anthoseius) ornatos* Denmark e  
6 Muma e *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma. Neste estudo eles compararam as respostas  
7 funcionais e numéricas em relação a densidades crescentes de ovos de *R. indica*. Como  
8 resultado, as três espécies demonstraram ter potencial de controle em densidades baixa ou  
9 moderada de *R. indica*, entretanto, *T. ornatos* e *I. zuluagai* tiveram uma menor taxa de consumo  
10 e de oviposição quando comparado ao *A. largoensis*.

11 De Moraes et al. (2012) realizaram levantamento na Ilha da Reunião, Madagascar, em  
12 busca de inimigos naturais de *R. indica*, coletando folíolos de coqueiro com alta infestação de  
13 *R. indica*. Estes autores encontraram um maior número de espécimes de *A. largoensis* (358)  
14 associados ao *R. indica*. Além deste predador também encontraram poucos espécimes de  
15 *Neoseiulus recifensis* Gondim Jr & Moraes (7) e de *Typhlodromus (Anthoseius) demoraesi*  
16 Lofego & Feres (7), mas há registros de outros artrópodes predadores associados. Peña et al.  
17 (2009) realizaram um estudo de distribuição de *R. indica* e de predadores em coqueiro, no litoral  
18 de Cedros, Trindade e Tobago. Além da predação por *A. largoensis*, eles observaram *R. indica*  
19 sendo predado por espécimes de outras famílias de ácaro como *Bdella sp.* (Bdelliidae),  
20 *Cheletomimus sp* (Cheyletidae), espécimes de tripes *Aleurodothrips fasciapennis* (Franklin)  
21 (Phlaeothripidae) e espécimes não identificados de neuropteros da família Chrysopidae.  
22 Embora alguns artrópodes predadores já tenham sido registrados associados a *R. indica*, apenas  
23 o *A. largoensis* (Domingos et al., 2013; Carrillo et al., 2012) e mais recentemente o *Neoseiulus*  
24 *barkeri* Hughes (Filgueiras et al., 2020a; Filgueiras et al., 2020b; Filgueiras et al., 2020c) tem  
25 demonstrado um maior potencial para controle dessa praga. Dentre estes, *N. barkeri* é o único  
26 ácaro predador registrado para o controle de *R. indica* no Brasil (Agrofit 2023).

## 27 2.5 *NEOSEIULUS BARKERI*

28 *Neoseiulus barkeri* é um ácaro predador da família Phytoseiidae que tem se destacado  
29 como agente de controle biológico, sendo ele o único agente de controle biológico registrado e  
30 comercialmente disponível contra *R. indica* no Brasil (Jafari et al., 2012; Wu et al., 2014;  
31 Filgueiras et al., 2020a; Agrofit, 2023). Esse predador já é comercializado na Europa e na Ásia

1 para o controle de tripes, mosca-branca e algumas espécies de tarsonemídeos como o ácaro-  
2 branco (Karg et al., 1987; Fan & Pettitt, 1994; Messelink & Van Hosten-saj, 2007; Wu et al.,  
3 2014), e atualmente é comercializado pela empresa Topbio Sistemas Biológicos no Brasil  
4 (Topbio, 2023). *Neoseiulus barkeri* já foi reportado em diversos países ao redor do mundo,  
5 tendo sido registrado pela primeira vez na Inglaterra no cultivo da cevada por Hughes em 1948  
6 (De Moraes et al., 2004). No Brasil já foi relatado na mandioca (De Moraes et al., 1993), no  
7 cafeeiro (Mineiro et al., 2006), e na palmeira óleo americana (Cruz et al., 2019), e em alguns  
8 espécimes de Asteraceae (Barbosa et al., 2021).

9 *Neoseiulus barkeri* é classificado segundo McMurtry (2013) como um predador do tipo  
10 III, predadores dentro desta classificação possuem um estilo de vida generalista, se alimentando  
11 preferencialmente de presas, incluindo diversas famílias de ácaros, alguns insetos, mas podendo  
12 se alimentar facultativamente de pólen, néctar e outras fontes de alimentos alternativos.  
13 Diversos trabalhos já demonstraram o potencial do *N. barkeri* para controlar herbívoros-pragas,  
14 entre eles o ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)) no cultivo da pimenta (Fan &  
15 Pettitt, 1994), mosca-branca (*Bemisia tabaci* Gennadius) no cultivo do algodão (Nomikou et al.,  
16 2001), ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch) no cultivo do pepino (Karg et al., 1987), e de  
17 tripes (*Trips tabaci* Lind.) no cultivo da cebola (Hansen 1988). Majoritariamente o uso  
18 comercial de *N. barkeri* tem sido em casas de vegetação (Karg et al., 1987; Jafari et al., 2012;  
19 Wu et al., 2014), mas, existem estudos onde se foi observado bons resultados no controle de  
20 herbívoros-pragas associados a cultivos em campo, como os tetraniquídeos *Eotetranychus*  
21 *kankitus* Ehara (Li et al., 2017) e *Panonychus citri* (McGregor) (Fang et al., 2013), ambos  
22 herbívoro-praga de citrus.

23 Com relação ao controle de *R. indica*, *N. barkeri* demonstrou ser eficiente, diminuindo  
24 sua população em campo, e conseguindo completar todos seus estágios de vida se alimentando  
25 exclusivamente deste herbívoro-praga (Filgueiras et al. 2020a; Filgueiras et al., 2020b;  
26 Filgueiras et al., 2020c). Filgueiras et al. (2012a) avaliaram a efetividade do controle de *N.*  
27 *barkeri* com liberações de 300, 600 e 900 predadores por planta. Como resultado observaram  
28 uma redução significativa na densidade *R. indica* em folíolos nas densidades de 900 e 600  
29 predadores. Neste mesmo trabalho, também compararam a taxa de consumo de *N. barkeri* com  
30 *A. largoensis* (outro ácaro predador com potencial para controle de *R. indica*), onde *N. barkeri*  
31 demonstrou um maior consumo de ovos de *R. indica*, além de ter uma maior taxa oviposição.  
32 Quanto ao consumo de diferentes estágios de *R. indica*, *N. barkeri* mostrou um maior consumo

1 para ovos, seguidos de larvas, ninfas e adultos, em adição, teve uma maior taxa de oviposição  
2 quando alimentado exclusivamente com ninfas (Filgueiras et al. 2020b). Contudo, o controle  
3 biológico pode ser prejudicado quando é implementado junto com um manejo integrado com  
4 uso de produtos não seletivos, onde os acaricidas podem causar danos também aos agentes de  
5 controle, reduzindo sua eficácia em campo, trazendo à tona a importância de estudos sobre  
6 seletividade (Van de Vrie et al., 1972).

## 7 2.6 SELETIVIDADE DE ACARICIDAS

8 A seletividade de pesticidas pode ser dividida em duas categorias principais: a  
9 seletividade fisiológica, onde se consiste no uso de determinados pesticidas que sejam mais  
10 tóxicos para a praga (organismo-alvo) (Ripper et al., 1951; O' Brien 1960; Picanço et al., 1997)  
11 e a seletividade ecológica que consiste na utilização de determinados métodos de aplicação dos  
12 pesticidas visando reduzir e minimizar o máximo possível o contato do inimigo natural aos  
13 químicos (Ripper et al., 1951; Picanço et al., 1997).

14 O uso de pesticidas seletivos pode evitar a morte de espécies não alvo, o surgimento de  
15 indivíduos resistentes nas populações infestantes, e o possível ressurgimento do herbívoro-  
16 praga (Van de Vrie et al., 1972; Omoto et al., 200). A seletividade fisiológica de acaricidas a  
17 inimigos naturais é uma das mais importantes estratégias atualmente estudadas, uma vez que o  
18 composto a ser aplicado, devido às suas propriedades físico-químicas, deve agir de forma mais  
19 tóxica ao organismo alvo em comparação aos seus predadores (Vilela et al., 2010).

20 A seletividade de determinados acaricidas sobre espécies de fitoseídeos já foi relatada,  
21 como fenpiroximato (de Assis et al., 2013; Lima et al. 2013), enxofre (Teodoro et al., 2005),  
22 fenbutanti (Teodoro et al., 2005; Bajda, De Clercq & Van Leeuwen, 2022), hexitiazox (Ahmad  
23 et al., 2009), abamectina (Souza-Pimentel et al., 2014). Lima et al. (2013a) realizaram um  
24 estudo de seletividade de acaricidas sobre *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Phytoseiidae) e  
25 *Aceria guerreronis* Keifer (Tetranychidae) onde o fenpiroximato se mostrou seletivo tendo uma  
26 maior  $CL_{50}$  para *N. baraki* em comparação com *A. guerreronis* e um maior índice de  
27 seletividade. Mesmo que os acaricidas não causem a mortalidade, os inimigos naturais podem  
28 sofrer com possíveis efeitos subletais que afetem sua biologia, como a redução da oviposição,  
29 fecundidade, sobrevivência, localização da presa, comportamento e resposta funcional (Kim &  
30 Yoo, 2002; Teodoro et al., 2009; Hamedi et al., 2010; Lima et al., 2013b; Lima et al., 2015;  
31 Lima et al., 2016; Barros et al., 2020; Sousa Neto et al., 2020). Lima et al. (2016) avaliaram a

1 taxa instantânea de crescimento de *N. baraki*, onde abamectina afetou diretamente a  
2 performance das fêmeas, enquanto fenpiroximato e azadiractina não demonstraram mostraram  
3 valores significativos. Estudos como este enfatizam que mesmo que alguns acaricidas não  
4 demonstrem efeito negativo sobre determinado parâmetro biológico, estes podem afetar outros  
5 parâmetros, mostrando a necessidade de estudos mais completos quanto aos efeitos subletais  
6 dos químicos aos diversos agentes de controle. Até o presente momento se tem apenas um único  
7 estudo de seletividade para *N. barkeri* utilizando acaricidas aplicados majoritariamente em  
8 cultivos em casas de vegetação (Glinushkin et al 2021). No entanto, não existe estudos  
9 relacionado aos principais acaricidas aplicados em cultivos de campo, especialmente para o  
10 cultivo do coco.

11 Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a suscetibilidade de *R. indica* a acaricidas  
12 (abamectina, azadiractina, fenpiroximato e piridabem) quando oriundo de diferentes  
13 hospedeiros (*Cocos nucifera* L., *Wodyetia bifurcata* Irvine e *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc)  
14 através da  $CL_{50}$  e a taxa instantânea de crescimento ( $ri$ ) do *R. indica* nesses diferentes  
15 hospedeiros, como também avaliar a seletividade de acaricidas (abamectina, azadicatina,  
16 fenpiroximato e piridabem) sobre *N. barkeri*, avaliando os efeitos letais (toxicidade) através da  
17  $CL_{50}$  e os efeitos subletais (taxa de sobrevivência, fecundidade,  $ri$  e a classificação de toxicidade  
18 desses acaricidas) visando obter informações que contribuem para uma manejo mais efetivo  
19 sobre diferentes cultivos e para um possível manejo integrado.

1

**REFERÊNCIAS**

- 2 AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em:  
3 [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) (Acessado em Janeiro de  
4 2023).
- 5 AHMAD, N., KARIM, K., MASOUD, A., & FATEME, A. Selectivity of Three Miticides to  
6 Spider Mite Predator, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) Under Laboratory **Conditions**.  
7 **Agricultural Sciences in China**, v. 8, n. 3, p. 326–331, 2009.
- 8 AY, R. & KARA, F.E. Toxicity, inheritance of fenpyroximate resistance, and detoxification-  
9 enzyme levels in a laboratory-selected fenpyroximate-resistant strain of *Tetranychus urticae*  
10 Koch (Acari: Tetranychidae). **Crop Protection**, v. 30, p. 605–610, 2011.
- 11 BAJDA, S.A., DE CLERCQ, P. AND VAN LEEUWEN, T. Selectivity and molecular stress  
12 responses to classical and botanical acaricides in the predatory mite *Phytoseiulus*  
13 *persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). **Pest Management Science**, v. 78, p. 881-895,  
14 2022.
- 15 BARBOSA, M. F., DEMITE, P. R., LOFEGO, A. C., DE VASCONCELOS, G. J., & DE  
16 MORAES, G. J. Further records of phytoseiid (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae) species for  
17 Brazil. **Entomological Communications**, v. 3, p. ec03048-ec03048, 2021.
- 18 BARRIOS, C., & BUSTILLO, A. E. El ácaro rojo *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)  
19 no es una plaga de la palma de aceite. **Palmas**, v. 37, n. 2, p. 11-18, 2016.
- 20 BARROS, M.E.D., LIMA, D.B., MENDES, J.A., GONDIM, M.G.C. & MELO, J.W.S. The  
21 establishment of an invasive pest mite, *Raoiella indica*, affects mite abundance and diversity  
22 on coconut plants. **Systematic and Applied Acarology**, v. 25, p. 881-894, 2020.
- 23 BETTIOL, W & GHINI, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos in: **Proteção**  
24 **de Plantas na Agricultura Sustentável**, eds. Michereff, S. J & Barros, R. Imprensa  
25 Universitária, 2001. 368 p.
- 26 BROGLIO-MICHELETTI, S. M. F., DIAS, N. D. S., VALENTE, E. C. N., SOUZA, L. A. D.,  
27 LOPES, D. O. P., & SANTOS, J. M. D. Ação de extrato e óleo de nim no controle de

- 1 Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) em  
2 laboratório. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, p. 44-48, 2010.
- 3 CALVET, E. C., LIMA, D. B., MELO, J. W. S. & GONDIM JR, M. G. C. The expansion of  
4 invasive mite *Raoiella indica* can be improved by coexistence with *Oligonychus pratensis*.  
5 **Annals of Applied Biology**. v. 181, p. 288–297, 2022.
- 6 CARRILLO, D., AMALIN, D., HOSEIN, F., RODA, A., DUNCAN, R.E & PEÑA, J.E. Host  
7 plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World.  
8 **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 271–289, 2012.
- 9 CARRILLO, D., HOY, M. A. & PEÑA, J. E. Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari:  
10 Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by Predator Exclusion and Predator  
11 Release Techniques. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 1, p. 256-261. 2014.
- 12 CHAIM, A., BOTTON, M., SCRAMIN, S., PESSOA, M. C. P. Y., SANHUEZA, R. M. V., &  
13 KOVALESKI, A. Deposição de agrotóxicos pulverizados na cultura da maçã. **Pesquisa**  
14 **Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 889–892, 2003.
- 15 CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C.  
16 **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariúna: Embrapa-  
17 CNPMA, 1999b. 29 p. (Boletim de Pesquisa, 2).
- 18 CLARK, J.M., SCOTT, J.G., CAMPOS, F. & BLOOMQUIST, J.R. Resistance to Avermectins:  
19 Extent, Mechanisms, and Management Implications. **Annual Review of Entomology**, v. 40, p.  
20 1-30, 1994.
- 21 COCCO, A. & HOY, M. A. Feeding, reproduction and development of the red palm mite  
22 (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. **Florida**  
23 **Entomologist**, v. 92, p. 276-291, 2009.
- 24 COPPING LG, DUKE SO. Natural products that have been used commercially as crop  
25 protection agents. **Pest Management Science**, v. 63, n. 6, p. 524–554, 2007.
- 26 CORNELL HV, HAWKINS BA. Herbivore responses to plant secondary compounds: a test of  
27 phytochemical coevolution theory. **The America Naturalist**, v. 161, n. 4, p.507-22, 2003.

- 1 CORREA-MÉNDEZ, A., OSORIO-OSORIO, R., HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, L. U.,  
2 CRUZ-LÁZARO, E., MÁRQUEZ-QUIROZ, C., SALINAS-HERNÁNDEZ, R. M. Control  
3 químico del ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Ecosistemas**  
4 **y Recursos Agropecuarios**. v. 5, n. 14, p. 319-326, 2018.
- 5 DA CRUZ, W. P., KRUG, C., DE VASCONCELOS, G. J. N., & DE MORAES, G. J. Mite  
6 (Arachnida: Acari) diversity and abundance on oil palms in the central region of the Brazilian  
7 Amazonia. **Systematic and Applied Acarology**, v. 24, n. 9, p. 1736-1750, 2019.
- 8 DE SOUSA NETO, E. P., MENDES, J. DE A., FILGUEIRAS, R. M. C., LIMA, D. B.,  
9 GUEDES, R. N. C., & MELO, J. W. S. Effects of Acaricides on the Functional and Numerical  
10 Responses of the Phytoseid Predator *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) to Spider Mite  
11 Eggs. **Journal of Economic Entomology**, v. 13, n. 4, p. 1804-1809, 2020.
- 12 DE SOUZA-PIMENTEL, G. C., REIS, P. R., DA SILVEIRA, E. C., MARAFELI, P. P.,  
13 SILVA, E. A. & DE ANDRADE, H. B. Biological control of *Tetranychus urticae*  
14 (Tetranychidae) on rosebushes using *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) and agrochemical  
15 selectivity. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 40, n. 1, p. 80-84, 2014.
- 16 DERMAUW, W., WYBOUW, N., ROMBAUTS, S., MENTEN, B., VONTAS, J., GRBIC, M.,  
17 CLARK, R.M., FEYEREISEN, R. & LEEUWEN, T. V. A link between host plant adaptation  
18 and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. **PNAS**, v. 110, n.  
19 2, p. E113–E122, 2012.
- 20 DOMINGOS, C. A., OLIVEIRA, L. O., DE MORAIS, E. G. F., NAVIA, D., DE MORAES,  
21 G. J. & GONDIM JR, M. G. C. Comparison of two populations of the pantropical predator  
22 *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari:  
23 Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p. 83–93, 2013.
- 24 DOWLING, A. P. G., OCHOA, R., BEARD, J. J., WELBOURN, W. C., & UECKERMANN,  
25 E. A. Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity,  
26 distribution, and world invasions. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, n. 3-4, p. 257–  
27 269 2011.
- 28 EDWARDS, P. J. & WRATTEN, S. D. **Ecology of Insect-plant Interactions**. 121 ed.  
29 Institute of Biology's studies in biology. E. Arnold, London: 1980. 60pp.

- 1 EMATERCE. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará. Disponível em:  
2 <https://www.ematerce.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/86/2020/05/TABELA->  
3 DEFENSIVOS-para-coqueiro.pdf (Acessado em Abril de 2023).
- 4 ETIENNE, J. & FLECHTMANN, C. H.W. First Record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924)  
5 (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies, **International Journal**  
6 **of Acarology**, 2006.
- 7 FILGUEIRAS, R.M.C. MENDES, J.A., NETO, E.P.S., MONTEIRO, N.V. & MELO, J.W.S.  
8 *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent for *Raoiella indica*  
9 Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic & Applied Acarology**, v. 25, p. 593–606, 2020a.
- 10 FILGUEIRAS, R.M.C., MENDES, J.A., DA SILVA, F.W.B., NETO, E.P.S. & MELO, J.W.S.  
11 Prey stage preference and functional and numerical responses of *Neoseiulus barkeri* Hughes  
12 (Acari: Phytoseiidae) to eggs of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic and**  
13 **Applied Acarology**, v. 25, p. 1147-1157, 2020b.
- 14 FILGUEIRAS, R.M.C., SILVA, B.W., NETO, E.P.S., MENDES, J.A., MELO, J.W.S. Can the  
15 prey species *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) support the development and  
16 reproduction of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) **Systematic and Applied**  
17 **Acarology**, v. 25, p. 1485-1494, 2020c.
- 18 FLECHTMANN, C. H. W., & ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat  
19 to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied**  
20 **Acarology**, v. 9, n. 0, p. 109, 2004.
- 21 GLINUSHKIN, A. P.; YAKOVLEVA, I. N.; MESHKOV, Y. I. Toxicity pesticides used in  
22 greenhouses and promising for predatory mite *Neoseiulus barkeri* (Mesostigmata:  
23 Phytoseiidae). In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing. p. 012071, 2021.
- 24 GÓMEZ-MOYA, C. A., LIMA, T. P. S., MORAIS, E. G. F., GONDIM JR., M. G. C., & DE  
25 MORAES, G. J. Hosts of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) Native to the Brazilian  
26 Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 4, p. 86-94, 2017.
- 27 GONDIM JR., M.G.C., CASTRO, T.M.M.G, MARSARO JR., A.L., NAVIA, D., MELO,  
28 J.W.S, DEMITE, P.R. & MORAES, G.J. Can the red palm mite threaten the Amazon  
29 vegetation? **Systematics and Biodiversity**, v. 10, p. 527–535, 2012.

- 1 HIRST, S. LV. - On some new species of red spider. **Annals and Magazine of Natural**  
2 **History**, v. 9, n. 14:83, p. 522-527, 1924.
- 3 HOY, M. A., J. P., & NGUYEN, R. Red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (arachnida:  
4 acari: tenuipalpidae). Entomology and Nematology Department, UF/IFAS  
5 Extension, EENY-397, 2022.
- 6 ISLAM, T. Host Plant-Induced Susceptibility of Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae*  
7 (Acari: Tetranychidae) to Some Reduced-Risk Acaricides. **American Journal of Agricultural**  
8 **and Biological Sciences**, v. 14, p. 11-15, 2019.
- 9 Kane, E. C., Ochoa, R., Mathurin, G. & Erbe, E. F. *Raoiella indica* Hirst (Acari:  
10 Tenuipalpidae): An island-hopping mite pest in the Caribbean. **United States Department of**  
11 **Agriculture**, p. 8, 2005.
- 12 KIM, Y.J. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-  
13 resistance and biochemical resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 60, p. 1001–  
14 1006, 2004.
- 15 KRIEGER, R. I., FEENY, P. P., WILKINSON, C. F. Detoxication enzymes in the guts of  
16 caterpillars: An evolutionary answer to plant defense? **Science**, v. 172, n. 3983, p. 579–581,  
17 1971.
- 18 LEVITAN, L. “How to” and “why”: assessing the enviro–social impacts of pesticides. **Crop**  
19 **Protection**, v. 19, n. 8-10, p. 629–636, 2000.
- 20 LEVITAN, L., MERWIN, I., & KOVACH, J. Assessing the relative environmental impacts of  
21 agricultural pesticides: the quest for a holistic method. **Agriculture, Ecosystems &**  
22 **Environment**, v. 55, n. 3, p. 153–168, 1995.
- 23 LIMA, D.B., MONTEIRO, V.B., GUEDES, R.N.C., SIQUEIRA, H.A.A., PALLINI, A. &  
24 GONDIM JR., M.G.C. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite  
25 predator *Neoseiulus baraki*. **Biological Control**, v. 58, p. 595–605, 2013.
- 26 MCMURTRY, J.A., DE MORAES, G.J. & SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyles of  
27 phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies.  
28 **Systematic & Applied Acarology**, v. 18, n. 4, p. 297–320, 2013.

- 1 MELO, J.W.S., NAVIA, D., MENDES, J.A., FILGUEIRAS, R.M.C, TEODORO, A.T.,  
2 FERREIRA, J.M.S., GUZZO, E.C., SOUZA, I.V, MENDONÇA, R.S., CALVET, E.C., NETO,  
3 A.A.P, GONDIM JR., M.G.C., MORAIS, E.G.F., GODOY, M.S., SANTOS, J.R., SILVA,  
4 R.I.R., SILVA, V.B., NORTE, R.F., OLIVA, A.B., SANTOS, R.D.P. & DOMINGOS, C.A.  
5 The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range  
6 extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. **Internatioanl**  
7 **Journal of Acarology**, v. 44, p. 146–149, 2018.
- 8 MINEIRO, J. L. D. C., RAGA, A., SATO, M. E., & LOFEGO, A. C. Ácaros associados ao  
9 cafeeiro (*Coffea* spp.) no estado de São Paulo, Brasil. Parte I. Mesostigmata. **Biota Neotropica**,  
10 v. 9, p. 37-46, 2009.
- 11 MORAES, G. J. D., CASTRO, T.M.M.G.D., KREITER, S., QUILICI, S., GONDIM JR.,  
12 M.G.C. AND SA, L.A.N.D. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Reunion  
13 Island (Indian Ocean). **Acarologia**, v. 52, n. 2, p. 129-134, 2012.
- 14 MULLIN, C.A., CROFT, B.A., STRICKLER, K., MATSUMURA, F. & MILLER, J.R.  
15 Detoxification enzyme differences between a herbivorous and predatory mite. **Science**, v. 217,  
16 p. 1270–1272, 1982.
- 17 NAMIN, H.H., ZHUROV, V., SPENLER, J., GRBIĆ, M. GRBIĆ, V & SCOTT, I.M.  
18 Resistance to pyridaben in Canadian greenhouse populations of two-spotted spider mites,  
19 *Tetranychus urticae* (Koch). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 170, 104677, 2020.
- 20 NAPPO – North American Plant Protection Organization. *Phytosanitary alert system*: detection  
21 of the red palm mite (*Raoiella indica*) in Cancun and Isla Mujeres. Quintana Roo, Mexico,  
22 2009. Disponível em: [https://www.pestalerts.org/official-pest-report/detection-red-palm-mite-](https://www.pestalerts.org/official-pest-report/detection-red-palm-mite-raoiella-indica-cancun-and-isla-mujeres-quintana-roo)  
23 [raoiella-indica-cancun-and-isla-mujeres-quintana-roo](https://www.pestalerts.org/official-pest-report/detection-red-palm-mite-raoiella-indica-cancun-and-isla-mujeres-quintana-roo) (Acessado em Dezembro de 2022).
- 24 NAVIA, D., MARSARO JR, A., SILVA, F. DA, GONDIM JR, M., & MORAES, G. DE. First  
25 report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical**  
26 **Entomology**, v. 40, n. 3, p. 409–411, 2011.
- 27 NAVIA, D., MORAIS, E.G.F., MENDOÇA, R.S. & GONDIM JR, M.G.C. Ácaro vermelho-  
28 das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: Vilela, E.F. & Zucchi, R.A. (eds.) **Pragas**  
29 **introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015. pp. 418-452.

- 1 OCHOA, R., BEARD, J. J., BAUCHAN, G. R., KANE, E. C., DOWLING, A. P. G., & ERBE,  
2 E. F. Herbivore Exploits Chink in Armor of Host. **American Entomologist**, v. 57, n. 1, p. 26–  
3 29, 2011.
- 4 OTERO-COLINA, G., GONZÁLEZ-GÓMEZ, R., MARTÍNEZ-BOLAÑOS, L., OTERO-  
5 PREVOST, L. G., LÓPEZ-BUENFIL, J. A., & ESCOBEDO-GRACIAMEDRANO, R. M.  
6 Infestation of *Raoiella indica* Hirst (Trombidiformes: Tenuipalpidae) on Host Plants of High  
7 Socio-Economic Importance for Tropical America. **Neotropical Entomology**, v. 45, n. 3, p.  
8 300–309, 2016.
- 9 OWEN, D. F., & WIEGERT, R. G. Do Consumers Maximize Plant Fitness? **Oikos**, v. 27, n. 3,  
10 p. 488–492, 1976. Copping, L. G., & Duke, S. O. (2007).
- 11 PEÑA, J.E., RODRIGUES, J.C.V., RODA, A., CARRILLO, D. & OSBORNE, L.S. Predator-  
12 prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari:  
13 Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. **Integrated Control of Plant-Feeding**  
14 **Mites IOBC**, v. 50, p. 69-79, 2009.
- 15 PINO, O., SANCHEZ, Y., ROJAS, M. M. Plant secondary metabolites as an alternative in pest  
16 management. I: Background, research approaches and trends. **Revista de Protección Vegetal**,  
17 v. 28, n. 2, p. 81-94, 2013.
- 18 RIBEIRO, M. L., LOURENCETTI, C., POLESE, L., NAVICKIENE, S., & OLIVEIRA, L. C.  
19 DE. PESTICIDAS: USOS E RISCOS PARA O MEIO AMBIENTE. **Holos Environment**, v.  
20 8, n. 1, p. 53–71, 2008.
- 21 RODA, A., DOWLING, A., WELBOURN, C., PEÑA, J., RODRIGUES, J. C. V., HOY, M.  
22 A., OCHOA, R., DUNCAN, R. A. AND CHI, W. Red palm mite situation in the caribbean and  
23 florida. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, v. 44, n. 1, p. 80-87, 2008.
- 24 RODA, A., NACHMAN, G., HOSEIN, F., RODRIGUES, J. C. V. & PEÑA, J. E. Spatial  
25 distributions of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut and their  
26 implications for development of efficient sampling plans. **Experimental and Applied**  
27 **Acarology**, v. 57, p. 291–308, 2012.

- 1 RODRIGUES, J. C. V., & ANTONY, L. M. K. First Report of *Raoiella indica* (Acari:  
2 Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 94, n. 4, 1073–1074,  
3 2011.
- 4 RODRIGUES, J.C.V. & PEÑA, J.E. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica*  
5 (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57,  
6 p. 317-329, 2011.
- 7 RUIZ-JIMENEZ, K. Z., OSORIO-OSORIO, R., HERNANDEZ-HERNANDEZ, L. U.,  
8 OCHOA-FLORES, A. A., SILVA-VAZQUEZ, R. & MENDEZ-ZAMORA, G. Acaricidal  
9 activity of plant extracts against the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae).  
10 **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 80, n. 1, p. 33-39, 2021.
- 11 SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, E.P., OSORIO-OSORIO, R., HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, L.U.,  
12 HERNÁNDEZ-GARCÍA, V., MÁRQUEZ-QUIROZ, C. & CRUZ-LÁZARO, E. Toxicidad de  
13 acaricidas para el ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Agrociencia**,  
14 v. 51, p. 1-10, 2017.
- 15 SARADAMMA, K. Evaluation of the toxicity of some pesticides to the red mite on coconut,  
16 *Raoiella inidca* (Hirst) (Phytoptipalpidae). **Agricultural Research Journal of Kerala**, v. 10,  
17 n. 1, p 61-62, 1972.
- 18 SOUSA NETO, E. P.; SOUZA, I. V.; GUZZO, E. C.; MELO, J. W. S. Carnaúba [*Copernicia*  
19 *prunifera* (Miller) H. E. Moore, Arecaceae], uma nova hospedeira de *Raoiella indica* Hirst,  
20 1924 (Acari: Tenuipalpidae). **Entomological Communications**, v. 3, p. ec03045, 2021.
- 21 TEODORO, A. V., FADINI, M. A. M., LEMOS, W. P., GUEDES, R. N. C., & PALLINI,  
22 A. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes*  
23 *zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in  
24 Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, v. 36, p. 61–70, 2005.
- 25 VAN LEEUWEN, T., TIRRY, L., YAMAMOTO, A., NAUEN, R., & DERMAUW, W. The  
26 economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent  
27 acaricide mode of action research. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 121, p. 12–21,  
28 2015.

- 1 VÁSQUEZ, C., COLMENÁREZ, Y. & DE MORAES, G. J. Life cycle of *Raoiella indica*  
2 (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. **Experimental and Applied**  
3 **Acarology**, v. 65, n. 2, p. 227–235, 2014.
- 4 VÁSQUEZ, C., QUIRÓS DE G., M., APONTE, O., & SANDOVAL, D. M. F. First report of  
5 *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. **Neotropical Entomology**, v.  
6 37, n. 6, p. 739–740, 2008.
- 7 Whalon, M. E., Mota-Sanchez, D., & R. M. Hollingworth. Global Pesticide Resistance in  
8 Arthropods. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 131, n. 1, p. 106–106, 2009.
- 9 YU, S.J. Induction of Detoxifying Enzymes by Allelochemicals and Host Plants in the Fall  
10 Armyworm. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 19, p 330-336, 1983.

### 1 3 ARTIGO 1

### 2 Suscetibilidade De *Raoiella indica* Quando Oriundo De Diferentes Hospedeiros A 3 Acaricidas

4 Daniel Lucas da Silva<sup>1\*</sup>, Pedro Vitor de Lira Souza<sup>1</sup>, Maria Isabel de Oliveira Lopes Gomes<sup>1</sup>,  
5 José Wagner da Silva Melo<sup>1</sup>, Jose Eudes de Moraes Oliveira<sup>2</sup>, Debora Barbosa de Lima<sup>1</sup>.

6 <sup>1</sup>Laboratório de Acarologia, Departamento de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade  
7 Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária. 50670-901  
8 Recife, Pernambuco, Brasil. <sup>2</sup> Embrapa Semiárido, (Empresa Brasileira de Pesquisa  
9 Agropecuária), Rodovia BR-428, s/n -Zona Rural,56302-970 Petrolina – Pernambuco, Brasil.

10 \*Correspondência para: daniel.lucassilva@ufpe.br

### 11 **Resumo**

12 *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) é um ácaro fitófago de relevância mundial  
13 que tem ampliado rapidamente sua gama de hospedeiro após seu estabelecimento na região  
14 neotropical, havendo hoje mais de 100 espécies botânicas relatadas. Atualmente o uso de  
15 acaricidas é o método de controle majoritariamente utilizado contra esse ácaro. Logo, estudos  
16 que visam avaliar a suscetibilidade deste fitófago oriundos de diferentes culturas aos diversos  
17 acaricidas é de grande importância. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar  
18 a suscetibilidade de *R. indica* provenientes de diferentes plantas hospedeiras (*Cocos nucifera*  
19 L., *Wodyetia bifurcata* Irvine e *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc) a acaricidas (abamectina,  
20 azadiractina, fenpiroximato e piridabem); e a taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de *R. indica*  
21 em cada hospedeiro. Para isso, a letalidade dos acaricidas sobre *R. indica* oriundo de diferentes  
22 hospedeiros foi avaliada e comparada através do método residual. A avaliação consistiu na  
23 contagem de fêmeas vivas e mortas 24 hrs após a exposição aos acaricidas para a obtenção das  
24 CL<sub>50</sub>. Para o  $r_i$ , os ácaros foram mantidos em folíolos de mudas durante setes dias, e a contagem  
25 diária de indivíduos e ovos foram realizadas. A população de *R. indica* advinda de *C. nucifera*  
26 teve uma maior CL<sub>50</sub> para todos os acaricidas, indicando ser menos susceptíveis aos acaricidas  
27 que as demais populações. A população proveniente de *C. nucifera* também teve um maior  $r_i$ ,  
28 seguido das populações de *A. merrillii* e *W. bifurcata*, respectivamente. Esse resultado indica  
29 que populações oriundas do coqueiro são menos susceptíveis aos acaricidas e é provável que  
30 isso tenha ocorrido porque esse hospedeiro é o melhor para sua biologia (maior valor  $r_i$ ). Isso  
31 indica a influência do hospedeiro sobre a suscetibilidade de acaricidas e a biologia dos  
32 herbívoros.

33 **Palavras-chave:** herbívoros, Arecaceae, controle químico, biologia.

## 1 4 INTRODUÇÃO

2 A interação artrópode-planta é uma complexa relação coevolutiva, onde, nesse processo  
3 de coevolução ocorreu o surgimento de uma variedade de adaptações nas plantas e também nos  
4 artrópodes (Owen & Wiegert, 1976; Després et al., 2007). Nas plantas, essas adaptações  
5 envolvem um grande aparato químico no qual produzem compostos secundários que visam  
6 restringir ou inibir a herbivoria (Owen & Wiegert, 1976; Carrano-Moreira 1994). Estes  
7 compostos podem agir de variadas formas sobre os artrópodes, atuando sobre sistema nervoso  
8 (alcaloides e terpenoides), sobre a respiração (flavonoides) ou ainda sobre a alimentação e  
9 crescimento (taninos e glicosídeos) (Haig, 2002; Barbehenn et al., 2003; Després et al., 2007;  
10 Borges & Amorim, 2020) Já os artrópodes, durante o processo evolutivo, criaram mecanismos  
11 em resposta a esses compostos secundários (Edwards & Wratten, 1980). Como a redução da  
12 penetração no tegumento, insensibilidade do sítio alvo, sequestro e excreção (Edwards &  
13 Wratten, 1980; Wilkinson, 1980; Tallamy, 1986; Brattsen, 1988).

14 Estudos indicam que a exposição dos artrópodes herbívoros a esses compostos  
15 secundários produzidos pelo seu hospedeiro afeta não só sua biologia e comportamento, como  
16 também podem afetar a suscetibilidade desses organismos a acaricidas, assim como já foi  
17 relatado para o ácaro-rajado *Tetranychus urticae* Koch (Yang et al., 2001; Dermauw et al.,  
18 2012; Islam, 2019). Assim, a suscetibilidade a acaricidas pode variar de acordo com o  
19 hospedeiro do qual eles se alimentam (Ahmad, 1986; Yu et al., 1986). O entendimento do efeito  
20 da diversidade do hospedeiro sobre a suscetibilidade de acaricidas é importante para promover  
21 avanços no manejo de herbívoros-pragas ajustando as concentrações dos produtos para cada  
22 hospedeiro/cultura e conseqüentemente reduzindo impactos ambientais que poderiam ocorrer  
23 pelo uso de doses superiores aquelas realmente necessárias para supressão da população de  
24 herbívoros-pragas. Além do mais, acredita-se que artrópodes polípagos são mais eficientes em  
25 destoxificar compostos secundários oriundos de plantas em comparação com os organismos  
26 especialistas, uma vez que espécies polípagas precisam lidar com uma maior variedade de  
27 compostos dos diferentes hospedeiros do qual eles podem se alimentar (Krieger et al. 1971).  
28 No presente trabalho a suscetibilidade de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidade) oriundo  
29 de diferentes hospedeiros a acaricidas foi estudada.

30 *Raoiella indica* é uma espécie invasora de importância mundial que tem expandido sua  
31 gama de hospedeiro rapidamente (Carrillo et al., 2012). Antes de sua chegada no ocidente em  
32 2004, menos de 10 espécies de plantas haviam sido listadas como hospedeiras de *R. indica*

1 (Etienne & Flechtmann 2006). Atualmente, cerca de 100 espécies botânicas são referidas como  
2 hospedeiras (Cocco & Hoy 2009; Carrillo et al., 2012; Gondim Jr. et al., 2012; Melo et al.,  
3 2018; Neto et al., 2021), incluindo espécies das famílias Arecaceae, Cannaceae, Cycadaceae,  
4 Heliconiaceae, Musaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae (Cocco & Hoy 2009; Lima . 2011;  
5 Gondim et al. 2012; Carrillo et al. 2012; Navia et al. 2015). Dentre estas famílias, destacam-se  
6 as espécies da família Arecaceae, os quais possuem espécies de importância agrícola, como o  
7 coqueiro (*Cocos nucifera* L.), e de importância ornamental, como a palmeira-de-natal  
8 (*Adonidia merrillii* (Becc.) Becc (Vásquez et al., 2015).

9 O *R. indica* em grandes infestações é capaz de provocar uma significativa perda na  
10 produção em espécies agrícolas, como no cultivo do coco, onde os danos causados por este  
11 ácaro podem comprometer mais da metade de produção, além de ocasionar também a morte de  
12 espécimes jovens (Peña et al., 2009; Carrillo et al., 2012; Roda et al., 2012). Os danos causados  
13 pelo *R. indica* se estendem a espécies de interesse ornamental, não só da família Arecaceae como  
14 também espécimes da família Heliconiaceae e Zingiberaceae (Roda et al., 2008; Vásquez,  
15 Colmenárez e Moraes, 2015).

16 O controle químico e biológico tem sido as técnicas de manejo mais estudadas (Carrillo  
17 et al., 2012; Moraes et al., 2012; Domingos et al., 2013; Rodrigues & Peña, 2012; Correa-  
18 Méndez et al., 2018; Ruiz-Jimenez et al., 2021). Onde o controle químico tem sido  
19 predominantemente utilizado nos diferentes cultivos (Moraes et al., 2012; Navia et al., 2015).  
20 No entanto, no presente momento só há um acaricida (abamectina) registrado para uso no Brasil  
21 (Ematerce, 2023).

22 A suscetibilidade de *R. indica* a acaricidas já foi estudada para alguns acaricidas como  
23 abamectina, milbectina, fenpiroximato, espiromesifeno, dentre outros (Rodrigues et al., 2011;  
24 Assis et al., 2013; Sánchez-Vázquez et al., 2017, Silva, 2023). Contudo, não se sabe se esta  
25 suscetibilidade é alterada quando *R. indica* é oriundo de diferentes hospedeiros. Assim, o  
26 objetivo do presente trabalho foi avaliar a suscetibilidade de *R. indica* proveniente de diferentes  
27 plantas hospedeiras (*C. nucifera*, *A. merrillii*, e *Wodyetia bifurcata* A.K. Irvine) a acaricidas, e  
28 também avaliar sua taxa instantânea de crescimento nos respectivos hospedeiros, visando obter  
29 dados biológicos acerca do efeito desses hospedeiros sobre a biologia desse herbívoro-praga.

## 1 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2 5.1 LOCAL E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

3 Os experimentos de toxicidade foram conduzidos na Universidade Federal de  
4 Pernambuco (UFPE) no Laboratório de Acarologia. Já os experimentos de taxa instantânea de  
5 crescimento foram realizados na casa de vegetação do Departamento de Fitossanidade da  
6 Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

### 7 5.2 COLETA DOS ÁCAROS

8 Indivíduos de *R. indica* foram coletados em folíolos infestados de coqueiro (*Cocos*  
9 *nucifera* L) no campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e em folíolos  
10 infestados de palmeira-de-natal (*Adonidia merrillii* (Becc.) Becc) e da palmeira rabo-de-raposa  
11 (*Wodyetia bifurcata* Irvine) no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco  
12 (UFRPE).

### 13 5.3 ACARICIDAS

14 Os acaricidas utilizados foram: abamectina (Abadin 72 EC CropChem Ltda.),  
15 azadiractina (Azamax E.I.D. Parry Limited), fenpiroximato (Ortus 50 SC Nichino do Brasil  
16 Agroquímicos Ltda.) e piridabem (Sanmite EW Iharabras S.A. Indústrias Químicas).

### 17 5.4 BIOENSAIO DE TOXICIDADE

18 O método 04 do teste de suscetibilidade do IRAC (Comitê de Ação à Resistência a  
19 Inseticidas) foi adotado para os ensaios toxicológicos (IRAC 2009). Inicialmente foram  
20 realizados ensaios preliminares com as três populações oriundos dos hospedeiros selecionados,  
21 para cada acaricida, com três concentrações diluídas em fator 10 (a partir de 0,1 mg de  
22 ingrediente ativo/L de calda), além do controle (apenas água destilada). Para cada acaricida foi  
23 estabelecida a faixa de concentração que causou entre 0 e 100% de mortalidade.

24 Fragmentos retangulares de folíolos de cada planta hospedeira de (3,5 x 2,5 cm) foram  
25 totalmente imersos, durante cinco segundos, em um volume de 40 ml de solução nas  
26 determinadas concentrações dos acaricidas ou em água destilada (controle). Posteriormente, os  
27 folíolos foram postos para secar em laboratório por 30 min. Com os folíolos secos, unidades  
28 experimentais foram preparadas as quais consistiram em uma placa de Petri de 9cm de diâmetro  
29 contendo uma esponja de polietileno de mesmo diâmetro e 1 cm de espessura umedecidas com  
30 água destilada e cobertas por um papel filtro de 9cm de diâmetro, no qual foram postos os

1 fragmentos. Os fragmentos tiveram suas bordas cobertas com algodão hidrofílicos umedecidos  
2 com água destilada para manter a umidade e impedir a fuga dos ácaros. Posteriormente, cinco  
3 fêmeas adultas de *R. indica* provenientes do hospedeiro foram transferidas com o auxílio de um  
4 pincel para as unidades experimentais. Quatro unidades experimentais foram feitas para cada  
5 concentração, totalizando 20 ácaros por concentração.

6 Todas as unidades experimentais foram mantidas em laboratório a 27 °C, 70 ± 10% de  
7 umidade relativa do ar e 12 h de fotofase. A avaliação foi realizada após 24 horas, quantificando  
8 os ácaros vivos e mortos, considerando mortos aqueles que não conseguiram se locomover após  
9 um leve toque do pincel. Para cada acaricida foi determinado as concentrações que causaram 0  
10 e 100% de mortalidade. A partir destas concentrações foram estabelecidas seis a sete  
11 concentrações dentro deste intervalo, além do controle (água destilada).

12 Seis a sete concentrações definidas a partir dos ensaios preliminares foram utilizadas  
13 nos bioensaios de toxicidade. Os bioensaios de toxicidade, foram realizados utilizando a mesma  
14 metodologia do ensaio preliminar. Estes foram repetidos duas vezes em dias diferentes para  
15 cada acaricida e planta hospedeira. Em cada repetição 140 a 160 ácaros foram utilizados.

## 16 5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

17 Os dados obtidos de cada curva e para cada produto foram submetidos a teste de  
18 igualdade e paralelismo, e após a aprovação no teste (curvas com mesmo intercepto e mesma  
19 inclinação) foram realizadas análises de Probit, utilizando o programa POLO-PC (LeOra  
20 Software 2005). A razão relativa de toxicidade e a razão de suscetibilidade foi calculada  
21 segundo Robertson & Preisler (1992).

## 22 5.6 INTERFERÊNCIA DA PLANTA HOSPEDEIRA SOBRE A TAXA INSTANTÂNEA DE 23 CRESCIMENTO DE *R. INDICA*

24 As mudas de cada planta hospedeira foram obtidas em lojas de floricultura e paisagismo.  
25 As mudas foram devidamente identificadas e mantidas durante todo experimento na casa de  
26 vegetação da UFRPE, numa média de 28,5°C e 70 ± 10% de umidade relativa do ar e 12 h de  
27 fotofase. As mudas tinham de 2 a 3 anos de idade e mediam entre 1,2 a 1,7 metros de altura. Os  
28 folíolos de cada muda foram limpos com algodão umedecido com água destilada e foram  
29 cobertas por voil afim de impedir o surgimento de outros ácaros ou organismos.

1 Os machos de *R. indica* possuem comportamento de guarda, permanecendo acoplados  
2 a fêmeas imaturas até que estas atinjam sua fase adulta para a realização da cópula. Dessa forma,  
3 inicialmente foram identificados casais de *R. indica* composto por um macho adulto acoplado  
4 a uma fêmea na fase deutocrisálida (última fase imatura) nos folíolos dos espécimes de cada  
5 planta hospedeira (*C. nucifera*, *A. merrillii* e *W. bifurcata*). Após a identificação dos casais nas  
6 determinadas fases de desenvolvimento estes foram separados e transferidos para unidades  
7 experimentais correspondentes ao hospedeiro do qual foram coletados, similares ao  
8 experimento de toxicidade. Estas unidades experimentais foram mantidas em uma incubadora  
9 a 27 °C, 70 ± 10% de umidade relativa do ar e 12 h de fotofase. Estes casais previamente  
10 identificados e separados foram acompanhados diariamente até que a fêmea tenha atingido sua  
11 maturidade. Após a emergência das fêmeas adultas e recém fertilizadas, estas foram separadas  
12 e transferidas para folíolos da muda da respectiva espécie hospedeira na qual foram coletadas.  
13 Em cada planta hospedeira, duas fêmeas foram transferidas para cada folíolo. Os folíolos foram  
14 devidamente etiquetados e tiveram sua área delimitada com cola entomológica (*C. nucifera*  
15 15cm x 3cm, *A. merrillii* 15cm x 7 cm, *W. bifurcata* 10cm x 4cm), com intuito de isolar as  
16 fêmeas e impedir possíveis fugas. De 20 a 23 repetições por planta hospedeira foram realizadas.

17 Diariamente, durante 7 dias, a contagem dos ovos e imaturos foi realizada. Com esses  
18 dados, a taxa instantânea de crescimento foi calculada através da equação:  $ri = \ln(N_f/N_0)/\Delta t$ ,  
19 onde:  $N_f$  é o número final de ácaros,  $N_0$  é o número inicial de ácaros,  $\Delta t$  é o intervalo de tempo  
20 entre o começo e o final do bioensaio (Stark et al. 1997; Walthall and Stark 1997). Valores  
21 positivos de  $ri$  significam que a população está em crescimento,  $ri = 0$  indica que a população  
22 está estável, enquanto que valores negativos de  $ri$  indicam que a população está em declínio  
23 caminhando para extinção.

## 24 5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

25 Os dados da taxa instantânea de crescimento foram comparados através do teste  
26 não-paramétricos de Kruskal-Wallis através do programa estatístico SAS (Sas 2008).

## 1 6 RESULTADOS

### 2 6.1 BIOENSAIO DE TOXICIDADE

3 Não foi possível obter curvas de concentração-resposta do acaricida azadiractina para  
4 indivíduos proveniente de *C. nucifera* e de *W. bifurcata* por não atingirem 100% de mortalidade  
5 nas concentrações máxima testadas. Porém, a mortalidade máxima encontrada para *R. indica*  
6 em *C. nucifera* foi apenas de 53,13% na maior concentração (12,000mg l<sup>-1</sup>), e para *W. bifurcata*  
7 foi de 61,4% (10,000mg l<sup>-1</sup>). Nos experimentos com *C. nucifera*, 15,63% dos ácaros tentaram  
8 fugir para o algodão demonstrando um possível efeito repelente desse produto a *R. indica*. Para  
9 *A. merrillii* a CL<sub>50</sub> foi de 0,398 mg/L (0,293 – 0,607) (Tabela 1).

10 Todas as curvas de concentração-resposta obtidas demonstraram valores baixos de  $\chi^2$  (<  
11 7,70) e altos valores de P (> 0,10) mostrando estar de acordo com o modelo de Probit (Tabela  
12 1). A população oriunda de coqueiro foi sempre menos susceptível (maior CL50) independente  
13 do acaricida e independente do hospedeiro, o abamectina foi o acaricida que se mostrou mais  
14 tóxico as populações de *R. indica*. Os dados de razão de suscetibilidade (comparação para cada  
15 acaricida entre hospedeiros) mostraram que o abamectina foi mais tóxico para a população de  
16 de *V. merrillii*, e logo seguida para a população de *W. bifurcata* em relação a população de *C.*  
17 *nucifera* (RS, Tabela 1). Já com relação a fenpiroximato, a população de *C. nucifera* foi a menos  
18 susceptível, enquanto que a população de *V. merrillii* mostrou uma suscetibilidade  
19 intermediária, e a população oriunda de *W. bifurcata* teve maior suscetibilidade. O  
20 fenpiroximato foi mais tóxico para população *W. bifurcata*, seguidamente da população de *V.*  
21 *merrillii* em comparação com a população de *C. nucifera* (RS, Tabela 1). Com piridabem,  
22 assim como foi observado com outros acaricidas, a população de *C. nucifera* se mostrou menos  
23 susceptível, enquanto as populações oriundas de *W. bifurcata* e *A. merrillii* mostraram uma  
24 suscetibilidade intermediária e baixa respectivamente. Em comparação com *C. nucifera* o  
25 piridabem foi mais tóxico para população oriunda de *A. merrillii* e *W. bifurcata* respectivamente  
26 (RS, Tabela 1).

27 Com relação a Toxicidade relativa, no qual diferenciou a toxicidade de acaricidas dentro  
28 de cada população de *R. indica*. Para população oriunda de *C. nucifera* o fenpiroximato foi o  
29 acaricida menos tóxico. A toxicidade relativa (ITR) demonstrou que abamectina foi o mais  
30 tóxico comparado ao fenpiroximato. Já para a população oriunda de *A. merrillii* o piridabem foi  
31 o acaricida que se mostrou menos tóxico. A toxicidade relativa foi maior entre piridabem e

1 abamectina. Com a população oriunda de *W. bifurcata* o piradabem também foi o acaricida  
2 menos tóxico. Assim como nos outros hospedeiros a toxicidade relativa foi maior em  
3 comparação com o abamectina (ITR, Tabela 1).

#### 4 6.2 INTERFERÊNCIA DA PLANTA HOSPEDEIRA SOBRE A TAXA INSTANTÂNEA DE 5 CRESCIMENTO

6 *R. indica* demonstrou maior taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) numericamente quando  
7 oriunda de *C. nucifera*. Contudo, embora com valores menores de  $r_i$ , *V. merrilli* demonstrou  
8 não ser diferente da população de *C. nucifera*. Como também não foi diferente da população  
9 oriunda de *W. bifurcata* que demonstrou um  $r_i$  mais baixo. Porém houve diferença significativa  
10 entre população de *C. nucifera* e *W. bifurcata* (Tabela 2).

## 1 7 DISCUSSÃO

2 Os dados obtidos no presente trabalho demonstraram que um maior  $r_i$  foi observado  
3 quando *R. indica* alimentou-se dos folíolos de coqueiro e palmeira de manila. Sendo o  $r_i$  do  
4 coqueiro numericamente maior, o que pode ter relativamente contribuído para uma maior  $CL_{50}$   
5 com todos acaricidas testados sobre esta população. A qualidade nutricional do hospedeiro,  
6 pode levar a uma variação na suscetibilidade de pesticidas a artrópodes, onde hospedeiros que  
7 oferecem uma menor qualidade nutritiva podem afetar a suscetibilidade a pesticidas através da  
8 redução da produção e atividade enzimática, as quais são responsáveis pela destoxificação  
9 (Gordon, 1961; Mullin & Croft, 1983; Islam, 2019).

10 Brattsten et al. (1977) observaram que larvas de *Spodoptera eridania* (Cramer)  
11 (Noctuide) possuíam uma maior atividade enzimática e uma menor suscetibilidade a nicotina  
12 quando expostas a determinados compostos secundários incluídos sua dieta (terpenoides,  
13 esteroides, aldeídos). Estudos com ácaros fitófagos também são relatados na literatura. Ibrahim  
14 (2009) observou que populações de *T. urticae* criadas no pepino e beringela possuíam uma  
15 maior taxa enzimática quando comparada a população criadas no feijão roxo além de uma maior  
16  $CL_{50}$ . Assim, as diferentes  $CL_{50}$  aqui obtidas podem também estar ligadas a diferentes  
17 mecanismos de destoxificação, na qual os compostos secundários das plantas hospedeiras  
18 podem desencadear (Yu 1983; Yang et al., 2001; Ibrahim, 2009; Dermauw et al., 2013).

19 Os compostos secundários oriundos de partes das espécies de Arecaceae geralmente  
20 possuem elevados níveis de terpenoides, óleos e compostos fenólicos (Agostini-Costa, 2018).  
21 Vásquez et al, (2015) encontraram uma maior concentração de flavonoides (composto fenólico  
22 complexo) nas folhas de algumas espécies de palmeiras, dentre elas o coqueiro. Os alcaloides  
23 representaram o segundo composto mais encontrado. Entre as espécies que estes autores  
24 utilizaram no estudo, o coqueiro e outras três palmeiras (*Mauritia flexuosa* L.f., *Sabal*  
25 *mauritiiformis* (Karsten), *Syagrus sancona* H. Karsten) foram as únicas que se foi observada a  
26 presença de saponinas (composto fenólico complexo). Alguns mecanismos de destoxificação  
27 de compostos secundários já foram relatadas na literatura, como a atividade da enzima UDP-  
28 glicosil-transferase na destoxificação de compostos fenólicos em alguns grupos de artrópodes  
29 (Smith, 1968). Esta enzima realiza a conjugação com compostos fenólicos formando  
30 glicosídeo, que é altamente solúvel em água, facilitando a eliminação desses compostos para o  
31 artrópode (Ahmad et al., 1986). Snoeck et al. (2019) observaram a presença de genes associados  
32 a produção dessa enzima em *T. urticae* quando expostos a flavonoides provenientes de

1 diferentes plantas hospedeiras. Os autores avaliaram a presença e atividade dessa enzima em  
2 linhagens de *T. urticae* resistentes a abamectina. É observado que o abamectina sofreu  
3 glicosilação pela UDP-glicosil-transferase, demonstrando que esta enzima tem um papel  
4 importante não só na destoxificação de compostos secundários como também na de acaricidas.  
5 Outro mecanismo enzimático envolvido na destoxificação de compostos fenólicos em  
6 artrópodes é a conjugação com fosfato (Ahmad et al., 1986). Já foi relatado em moscas  
7 domésticas e varejeiras expostas a compostos fenólicos a excreção de fenóis fosforilados  
8 (Binning et al., 1967). Este mecanismo também já foi observado para a barata de madagascar  
9 (Yang e Wilkinson, 1973; Gil et al., 1974; Wilkinson, 1986). Porém até o presente momento  
10 não se foi observado estes mecanismos em ácaros e se estes também podem estar associados a  
11 destoxificação de pesticidas. É interessante salientar que parte desses compostos aparentam  
12 estar presente na grande maioria das espécies de Arecaceae em diferentes concentrações  
13 (Vásquez et al., 2015; Agostini-Costa, 2018). Logo, a presença destes compostos na dieta do *R.*  
14 *indica* pode estar associado a uma menor suscetibilidade por parte dos indivíduos quando  
15 oriundos do coqueiro, somado a uma melhor qualidade nutricional que este hospedeiro pode  
16 oferecer quando comparado a palmeira-de-natal e a palmeira-rabo-de-raposa. Contudo, mais  
17 estudos são necessários para investigar tais hipóteses.

18 Estudos já mostraram que o coqueiro é a planta hospedeira preferencial dentre os  
19 diversos hospedeiros já relatados para o *R. indica* (Gondim et al., 2012; Kane et al., 2012;  
20 Vásquez et al., 2014; Otero-Colina et al., 2016, Gómez-Moya et al., 2017). Sendo o coqueiro a  
21 primeira planta hospedeira no qual o *R. indica* foi descrito (Hirst, 1924). Assim, existe uma  
22 maior relação de co-evolução entre coqueiro e *R. indica*, no qual possibilita o *R. indica* a criar  
23 mecanismos de respostas aos compostos secundários presentes no coqueiro, e por  
24 consequência, estes mesmos mecanismos podem agir também em resposta aos acaricidas aqui  
25 testados. Vásquez et al., (2014) constataram um menor tempo de desenvolvimento, maior  
26 longevidade e uma maior taxa intrínseca de crescimento de *R. indica* no coqueiro quando  
27 comparado a outras palmeiras, incluindo a palmeira-de-natal (*A. merrillii*) aqui estudada. Além  
28 da questão evolutiva, outros fatores podem estar relacionados a essa baixa suscetibilidade de  
29 acaricidas como: taxa de alimentação, biodisponibilidade diferencial, e aprimoramento  
30 enzimático (Gordon, 1961; Yu, 1983; Wright & Verkerk, 1995). Logo, estudos que envolvem  
31 tais fatores devem ser realizados.

1 Os resultados do presente trabalho demonstraram que dentre as populações de  
2 diferentes hospedeiros de *R. indica* estudadas, a população do coqueiro se mostrou menos  
3 susceptível além de ter uma maior  $r_i$ , demonstrando que a planta hospedeira tem uma grande  
4 influência sobre a suscetibilidade e biologia de *R. indica*. No entanto, ainda se tem pouco  
5 conhecimento em relação a química foliar em palmeiras, e como elas interagem em herbívoros  
6 como *R. indica*, trazendo a necessidade de mais estudos sobre o entendimento do efeito desses  
7 compostos. Estudos como este podem auxiliar no manejo de ácaros-pragas polífagos ajustando  
8 as concentrações ideais para cada hospedeiro/cultura.

1

**REFERÊNCIAS**

- 2 AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and health benefits of some palm species  
3 traditionally used in Africa and the Americas –GA review. **Journal of Ethnopharmacology**,  
4 v. 224, p. 202–229, 2018.
- 5 AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em:  
6 [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) (Acessado em Janeiro de  
7 2023).
- 8 AY, R. & KARA, F.E. Toxicity, inheritance of fenpyroximate resistance, and detoxification-  
9 enzyme levels in a laboratory-selected fenpyroximate-resistant strain of *Tetranychus urticae*  
10 Koch (Acari: Tetranychidae). **Crop Protection**, v. 30, p. 605–610, 2011.
- 11 AHMAD, S., BRATTSTEN, L. B., MULLIN, C. A., YU, S. J. Enzymes Involved in the  
12 Metabolism of Plant Allelochemicals. In: Brattsten, L.B., Ahmad, S. (eds) **Molecular Aspects**  
13 **of Insect-Plant Associations**. Springer, Boston, 1986. Pp. 73-151.
- 14 ASSIS, C.P., DE MORAIS, E.G. & GONDIM JR., M.G. Toxicity of acaricides to *Raoiella*  
15 *indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae:  
16 Phytoseiidae). **Experimental & Applied Acarology**, v. 60, p. 357–365, 2013.
- 17
- 18 BARBEHENN, R. V., WALKER, A. C., & UDDIN, F. Antioxidants in the midgut fluids of a  
19 tannin-tolerant and a tannin-sensitive caterpillar: effects of seasonal changes in tree  
20 leaves. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, p. 1099-1116, 2003.
- 21
- 22 BINNING, A., DARBY, F. J., HEENAN, M. P., & SMITH, J. N. The conjugation of phenols  
23 with phosphate in grass grubs and flies. **Biochemical Journal**, v. 103, n. 1, p. 42, 1967.
- 24
- 25 BISHARA, S. I.; ESAAC, E.G.; HARAKLY, F.A. Variations in sensitivity to insecticides of  
26 the cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (Boisd.) due to feeding on different  
27 hosts/Veränderung der Insektizidempfindlichkeit des Bauwollblattwurms, *Spodoptera littoralis*  
28 (Boisd.), bei Ernährung an verschiedenen Wirtspflanzen. **Zeitschrift für**

- 1 **Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection**, p.  
2 458-462, 1974.
- 3
- 4 BORGES, L. P. & AMORIM, V. A. METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE PLANTAS.  
5 **Revista Agrotecnologia**, v.11, n.1, p. 54-67, 2020.
- 6
- 7 BRATTSTEN, L. B., WILKINSON, C. F. & EISNER, T. Herbivore-Plant Interactions: Mixed-  
8 Function Oxidases and Secondary Plant Substances. **Science**, v. 196, p. 1349-1352, 1977.
- 9 BRATTSTEN, L. B. Enzymic adaptations in leaf-feeding insects to host-plant  
10 allelochemicals. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14, p. 1919-1939, 1988.
- 11 CARRANO-MOREIRA, A. F. Interações artrópode-planta: produtos metabólicos secundários  
12 em plantas arbóreas e sua influência sobre insetos fitófagos. **Cad. Ômega**, n. 6, p. 15-23, 1994.
- 13 CARRILIO, D., AMALIN, D., HOSEIN, F., RODA, R., DUNCAN., E., PEÑA, J. E. Host plant  
14 range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World.  
15 **Experimental & Applied Acarology**, v. 57, p. 271-289, 2012.
- 16 COCCO, A. & HOY, M. A. Feeding, reproduction and development of the red palm mite  
17 (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. **Florida**  
18 **Entomologist**, v. 92, p. 276-291, 2009.
- 19 CORREA-MÉNDEZ, A., OSORIO-OSORIO, R., HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, L. U.,  
20 CRUZ-LÁZARO, E., MÁRQUEZ-QUIROZ, C., SALINAS-HERNÁNDEZ, R. M. Control  
21 químico del ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Ecosistemas**  
22 **y Recursos Agropecuarios**. V. 5, n. 14, p. 319-326, 2018.
- 23 DESPRÉS, L., DAVID, J.-P., & GALLET, C. The evolutionary ecology of insect resistance to  
24 plant chemicals. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 22, n. 6, p.298–307, 2007.
- 25 DERMAUW, W., WYBOUW, N., ROMBAUTS, S., MENTEN, B., VONTAS, J., GRBIC, M.,  
26 CLARK, R.M., FEYEREISEN, R. & LEEUWEN, T. V. A link between host plant adaptation  
27 and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. **PNAS**, v. 110, n.  
28 2, p. E113–E122, 2012.
- 29 DOMINGOS, C. A., OLIVEIRA, L. O., DE MORAIS, E. G. F., NAVIA, D., DE MORAES,  
30 G. J. & GONDIM JR, M. G. C. Comparison of two populations of the pantropical predator

- 1 *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari:  
2 Tenuipalpidae). **Experimental & Applied Acarology**, v. 60, p. 83–93, 2013.
- 3 EDWARDS, P. J. & WRATTEN, S. D. **Ecology of Insect-plant Interactions**. 121 ed.  
4 Institute of Biology's studies in biology. E. Arnold, London: 1980. 60pp.
- 5 EMATERCE. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará. Disponível em:  
6 [https://www.ematerce.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/86/2020/05/TABELA-](https://www.ematerce.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/86/2020/05/TABELA-DEFENSIVOS-para-coqueiro.pdf)  
7 DEFENSIVOS-para-coqueiro.pdf (Acessado em Abril de 2023).
- 8 ETIENNE, J. & FLECHTMANN, C. H.W. First Record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924)  
9 (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies, **International Journal**  
10 **of Acarology**, 2006.
- 11 FERNANDES, F. L., ALVES, F. M., LIMA, E. L. F., FERNANDES, M. E. S., SOARES, W.  
12 S. & JÚNIOR, S. M. D. Defesa química de plantas, artrópodes herbívoros e inimigos naturais:  
13 estratégias para a sobrevivência. In: LOPES, E. A. et al. (eds) **A química na produção vegetal**.  
14 Rio Paranaíba: Dos Autores, 2017. pp 399.
- 15 GIL, D. L., ROSE, H. A., YANG, R. S. H., YOUNG, R. G., & WILKINSON, C. F. Enzyme  
16 induction by phenobarbital in the Madagascar cockroach, *Gromphadorhina*  
17 *portentosa*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative**  
18 **Biochemistry**, v. 47, n. 3, p. 657-679, 1974.
- 19 GONDIM JR., M.G.C., CASTRO, T.M.M.G, MARSARO JR., A.L., NAVIA, D., MELO,  
20 J.W.S, DEMITE, P.R. & MORAES, G.J. Can the red palm mite threaten the Amazon  
21 vegetation? **Systematics and Biodiversity**, v. 10, p. 527–535, 2012.
- 22 GORDON, H. T. Nutritional factors in insect resistance to chemicals. **Annual Review of**  
23 **Entomology**, v.6, p. 27-54, 1961.
- 24 HAIG, T. (2008). Allelochemicals in Plants. In: Zeng, R.S., Mallik, A.U., Luo, S.M. (eds)  
25 **Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry**. Springer, New York. p. 63-104, 2002.
- 26 HIRST, S. LV. – On some new species of red spider. **Annals and Magazine of Natural**  
27 **History**, v. 9, n. 14:83, p. 522-527, 1924.

- 1 IBRAHIM, M. M. S. Effect of the host plant on susceptibility of the two-spotted spider mite,  
2 *Tetranychus urticae* Koch, (Acari: Tetranychidae) to some acaricides. **Journal of Agricultural**  
3 **Science Mansoura University**, v. 34, n. 11, p. 10735 - 10744, 2009.
- 4  
5 ISLAM, T. Host Plant-Induced Susceptibility of Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae*  
6 (Acari: Tetranychidae) to Some Reduced-Risk Acaricides. **American Journal of Agricultural**  
7 **and Biological Sciences**, v. 14, p. 11-15, 2019.
- 8 ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an  
9 increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, n. 1, P. 45–66, 2006.
- 10 KIM, Y.J. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-  
11 resistance and biochemical resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 60, p. 1001–  
12 1006, 2004.
- 13 KRIEGER, R. I., FEENY, P. P., WILKINSON, C. F. Detoxication enzymes in the guts of  
14 caterpillars: An evolutionary answer to plant defense? **Science**, v. 172, n. 3983, p. 579–581,  
15 1971.
- 16 LIMA, M.R. RODRIGUEZ, H. GONZALEZ, A. L. GONZALEZ, M. Management strategy of  
17 *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Cuba. **Zoosymposia**, v. 6, p. 152–159, 2011.
- 18 MORAES, G. J. D., CASTRO, T.M.M.G.D., KREITER, S., QUILICI, S., GONDIM JR.,  
19 M.G.C. AND SA, L.A.N.D. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in La Reunion  
20 Island (Indian Ocean). **Acarologia**, v. 52, n. 2, p. 129-134, 2012.
- 21 MELO, J.W.S., NAVIA, D., MENDES, J.A., FILGUEIRAS, R.M.C, TEODORO, A.T.,  
22 FERREIRA, J.M.S., GUZZO, E.C., SOUZA, I.V, MENDONÇA, R.S., CALVET, E.C., NETO,  
23 A.A.P, GONDIM JR., M.G.C., MORAIS, E.G.F., GODOY, M.S., SANTOS, J.R., SILVA,  
24 R.I.R., SILVA, V.B., NORTE, R.F., OLIVA, A.B., SANTOS, R.D.P. & DOMINGOS, C.A.  
25 The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range  
26 extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. **Internatioanl**  
27 **Journal of Acarology**, v. 44, p. 146–149, 2018.
- 28 MULLIN, C. A. & CROFT, B. A. Host-related alterations of detoxification enzymes in  
29 *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Environmental Entomology**, v. 12, p 1278-1282,  
30 1993).

- 1 NAMIN, H.H., ZHUROV, V., SPENLER, J., GRBIĆ, M. GRBIĆ, V & SCOTT, I.M.  
2 Resistance to pyridaben in Canadian greenhouse populations of two-spotted spider mites,  
3 *Tetranychus urticae* (Koch). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 170, 104677, 2020.
- 4 NAVIA, D., MORAIS, E.G.F., MENDOÇA, R.S. & GONDIM JR, M.G.C. Ácaro vermelho-  
5 das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: Vilela, E.F. & Zucchi, R.A. (eds.) **Pragas**  
6 **introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015. pp. 418-452.
- 7 OCHOA, R., BEARD, J.J., BAUCHAN, G.R., KANE, E.C., DOWLING, A.P.G. & ERBE,  
8 E.F. Herbivore Exploits Chink in Armor of Host. **American Entomologist**, v. 57, p. 26–29,  
9 2011.
- 10 OWEN, D. F., & WIEGERT, R. G. Do Consumers Maximize Plant Fitness? **Oikos**, v. 27, n. 3,  
11 p. 488–492, 1976.
- 12 PAGARE, S., BHATIA, M. TRIPATHI, N., PAGARE, S. & BANSAL, Y. K. Secondary  
13 Metabolites of Plants and their Role: Overview. **Current Trends in Biotechnology and**  
14 **Pharmacy**, v. 9, n. 3, p. 293-304, 2015.
- 15 PEÑA, J.E., RODRIGUES, J.C.V., RODA, A., CARRILLO, D. & OSBORNE, L.S. Predator-  
16 prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari:  
17 Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. **Integrated Control of Plant-Feeding**  
18 **Mites IOBC**, v. 50, p. 69-79, 2009.
- 19 ROBERTSON, J.L. & PREISLER, H.K. **Pesticide bioassays with arthropods**. Boca Raton,  
20 CRC Press. 1992. 127pp.
- 21 RODA, A., DOWLING, A., WELBOURN, C., PEÑA, J., RODRIGUES, J. C. V., HOY, M.  
22 A., OCHOA, R., DUNCAN, R. A. AND CHI, W. Red palm mite situation in the Caribbean  
23 and florida. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, v. 44, n. 1, p. 80-87, 2008.
- 24 RODA, A., NACHMAN, G., HOSEIN, F., RODRIGUES, J. C. V. & PEÑA, J. E. Spatial  
25 distributions of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut and their  
26 implications for development of efficient sampling plans. **Experimental and Applied**  
27 **Acarology**, v. 57, p. 291–308, 2012.

- 1 RODRIGUES, J.C.V. & PEÑA, J.E. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica*  
2 (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57,  
3 p. 317-329, 2011.
- 4 RUIZ-JIMENEZ, K. Z., OSORIO-OSORIO, R., HERNANDEZ-HERNANDEZ, L. U.,  
5 OCHOA-FLORES, A. A., SILVA-VAZQUEZ, R. & MENDEZ-ZAMORA, G. Acaricidal  
6 activity of plant extracts against the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae).  
7 **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 80, n. 1, p. 33-39, 2021.
- 8 SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, E.P., OSORIO-OSORIO, R., HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, L.U.,  
9 HERNÁNDEZ-GARCÍA, V., MÁRQUEZ-QUIROZ, C. & CRUZ-LÁZARO, E. Toxicidad de  
10 acaricidas para el ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Agrociencia**,  
11 v. 51, p. 1-10, 2017.
- 12 SAS Institute. **SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO**. Cary: SAS Institute  
13 Incorporation, 2008.
- 14 SNOECK, S., PAVLIDI, N., PIPINI, D., VONTAS, J., DERMAUW, W., & VAN LEEUWEN,  
15 T. Substrate specificity and promiscuity of horizontally transferred UDP-glycosyltransferases  
16 in the generalist herbivore *Tetranychus urticae*. **Insect biochemistry and molecular biology**,  
17 v. 109, p. 116-127, 2019.
- 18 SOUSA NETO, E. P.; SOUZA, I. V.; GUZZO, E. C.; MELO, J. W. S. Carnaúba [*Copernicia*  
19 *prunifera* (Miller) H. E. Moore, Arecaceae], uma nova hospedeira de *Raoiella indica* Hirst,  
20 1924 (Acari: Tenuipalpidae). **Entomological Communications**, v. 3, p. ec03045, 2021.
- 21 TALLAMY, D. W. Behavioral adaptations in insects to plant allelochemicals. **Molecular**  
22 **aspects of insect-plant associations**, p. 273-300, 1986.
- 23 VÁSQUEZ, C., COLMENÁREZ, Y. & DE MORAES, G. J. Life cycle of *Raoiella indica*  
24 (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. **Experimental and Applied**  
25 **Acarology**, v. 65, n. 2, p. 227–235, 2015.
- 26 VÁSQUEZ, C., EGURROLA, Z., VALERA, R., SANABRIA, M. E. & COLMENÁREZ, Y.  
27 Anatomía y química foliar en especies ornamentales de Arecaceae: posibles barreras a la  
28 alimentación de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Gayana Botánica**. v. 72, n. 2, p.  
29 296-304, 2015.

- 1 WILKINSON, C. F. The metabolism of xenobiotics: a study in biochemical evolution. **The**  
2 **Scientific Basis of Toxicity Assessment**, p. 251-268, 1980.
- 3 WILKINSON, C. F. Xenobiotic conjugation in insects. in: **Xenobiotic Conjugation**  
4 **Chemistry**. Eds. PAULSON, G. D., CALDWELL, J., HUTSON, D.H., & MENN, J.J. Amer.  
5 Chem. Soc. Washington, 1986. 48-61pp.  
6
- 7 WRIGHT, D. J.; VERKERK, R.HJ. Integration of chemical and biological control systems for  
8 arthropods: evaluation in a multitrophic context. **Pesticide science**, v. 44, n. 3, p. 207-218,  
9 1995.  
10
- 11 YANG, X., MARGOLIES, D. C., ZHU, K. Y. & BUSCHMA, L. L. Host Plant-Induced  
12 Changes in Detoxification Enzymes and susceptibility to Pesticides in the Twospotted Spider  
13 Mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, n. 2, p. 381-387, 2001.
- 14 Yang, R. S. H.; C. F. Wilkinson. Sulfotransferases and phosphotransferases in insects, *Compo*  
15 *Biochem. Physiol.*, v. 46, p. 717-726. 1973.
- 16 YU, S. J. Consequences of Induction of Foreign Compound-Metabolizing Enzymes in Insects.  
17 In: Brattsten, L.B., Ahmad, S. (eds) **Molecular Aspects of Insect-Plant Associations**.  
18 Springer, Boston, 1986. pp. 153-174.
- 19 YU, S.J. Induction of Detoxifying Enzymes by Allelochemicals and Host Plants in the Fall  
20 Armyworm. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 19, p 330-336, 1983.

**TABELA 1.** Toxicidade de acaricidas para fêmeas adultas de *R. indica* em diferentes plantas hospedeiras.

	Acaricidas	n <sup>a</sup>	Inclinação ± EP <sup>b</sup>	CL <sub>50</sub> (mg/L) (IC 95%) <sup>c</sup>	CL <sub>99</sub> (mg/L) (IC 95%) <sup>c</sup>	GL <sup>d</sup>	χ <sup>2</sup> e	P <sup>f</sup>	RS (IC 95%) <sup>h</sup>	IRT (IC 95%) <sup>g</sup>
<i>C. nucifera</i>	Abamectina	280	2,3 ± 0,24	0,164 (0,10–0,25)	1,68 (0,79–8,97)	4	7,70	0,10	--	405,38 (289,64–567,37)
	Fenpiroximanto	319	1,7 ± 0,20	66,33 (50,45–86,78)	1655,8 (858,64–4686,28)	5	1,99	0,85	--	--
	Piridabem	320	1,2 ± 0,15	30,45 (22,16–43,96)	3161,8 (1082,9–19227)	5	1,55	0,91	--	2,18 (1,42–3,35)
<i>A. merrillii</i>	Abamectina	320	1,9 ± 0,26	0,014 (0,010–0,019)	0,26 (0,15–0,62)	5	5,53	0,35	11,36 (7,94–16,24)	250,44 (117,43–534,10)
	Azadiractina	232	1,28 ± 0,22	0,398 (0,293 – 0,607)	26,521 (8,905 – 178,748)	4	0,58	0,98	*	9,06 (4,01–20,46)
	Fenpiroximanto	320	1,3 ± 0,25	1,21 (0,57–1,92)	75,53 (28,59–585,58)	5	4,29	0,51	54,84 (29,52–101,86)	2,98 (1,22–7,29)
	Piridabem	320	1,0 ± 0,14	3,61 (2,49–5,81)	746,57 (195,47–7838,8)	5	0,2	0,99	8,44 (3,89–18,31)	--
<i>W. birfucata</i>	Abamectina	320	1,7 ± 0,17	0,045 (0,035–0,058)	1,08 (0,61–2,48)	5	3,36	0,65	3,63 (2,61–5,05)	172,10 (114,45–258,78)
	Fenpiroximato	320	1,1 ± 0,16	1,02 (0,55–1,56)	149,97 (59,21–780,01)	5	2,89	0,72	64,77 (36,63–114,53)	0,25 (0,14–0,46)
	Piridabem	320	1,3 ± 0,17	7,77 (5,65–10,67)	448,88 (188,53–1865,55)	5	1,00	0,96	3,93 (2,48–6,22)	--

a = total de indivíduos avaliados; b = erro padrão; c = concentração mg/L; d = graus de liberdade; e = qui-quadrado; f = valor de; g = razão de suscetibilidade entre populações (segundo Robertson & Preisler, 1992). h= = índice de toxicidade relativa dentro de cada população (segundo Robertson & Preisler, 1992).

\*Não foi possível calcular a RS para azadiractina pois não houve curvas de concentração-resposta do acaricida em outros hospedeiros.

**Tabela 2.** Taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de *R. indica* em diferentes hospedeiros.

<b>Hospedeiro</b>	<b>Média ± EP</b>
<i>Cocos nucifera</i>	0,27 ± 0,05a
<i>Adonidia merrillii</i>	0,24 ± 0,02ab
<i>Wodyetia bifurcata</i>	0,22 ± 0,02b

Média com letras diferentes indicam diferença significativa através do teste de Kruskal – Wallis ( $P < 0,05$ ).

## 1 8 ARTIGO 2

### 2 Seletividade de acaricidas a *Neoseiulus barkeri* (Hughes) (Acari: Phytoseiidae)

3 Daniel Lucas da Silva<sup>1</sup>, Jayrla Eduarda Dantas Lima<sup>1</sup>, Pedro Vitor de Lira Souza<sup>1</sup>, José Wagner  
4 da Silva Melo<sup>1</sup>, Jose Eudes de Moraes Oliveira<sup>2</sup> Debora Barbosa de Lima<sup>1</sup>.

5 <sup>1</sup>Laboratório de Acarologia, Departamento de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade  
6 Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária. 50670-901  
7 Recife, Pernambuco, Brasil. <sup>2</sup> Embrapa Semiárido, (Empresa Brasileira de Pesquisa  
8 Agropecuária), Rodovia BR-428, s/n -Zona Rural,56302-970 Petrolina – Pernambuco, Brasil.

9 \*Correspondência para: daniel.lucassilva@ufpe.br

10

### Resumo

11 *Neoseiulus barkeri* Hughes tem sido empregado no controle diversas pragas, dentre  
12 estas o ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst. No entanto, em algumas situações  
13 o uso exclusivo do agente biocontrolador utilizado não é suficiente para evitar os danos  
14 causados pelas pragas. Nesses cenários a integração do controle químico com o controle  
15 biológico tem sido buscada. Tal integração exige o uso de produtos seletivos,  
16 evitando/reduzindo efeitos deléteiros sobre os agentes biocontroladores. No presente estudo  
17 foram avaliados os efeitos letais e subletais de acaricidas (abamectina, azadiractina,  
18 fenpiroximato e piridabem) sobre o ácaro predador *N. barkeri*. Os seguintes parâmetros foram  
19 avaliados: toxicidade, seletividade, sobrevivência, fertilidade, viabilidade de ovos e taxa  
20 instantânea de crescimento ( $r_i$ ). Adicionalmente, os acaricidas foram classificados quanto sua  
21 toxicidade conforme a classificação proposta pela IOBC (International Organization for  
22 Biological Control). Dentre as moléculas avaliadas, apenas abamectina foi considerada não  
23 seletiva a *N. barkeri* uma vez que a  $CL_{50}$  estimada para o *N. barkeri* foi superior aquela estimada  
24 para *R. indica*. Nenhum dos acaricidas afetou as curvas de sobrevivência do predador, porém  
25 azadiractina e fenpiroximato reduziram o tempo médio de sobrevivência do predador.  
26 Piridabem foi o único acaricida a reduzir a fertilidade de fêmeas de *N. barkeri* e  
27 consequentemente sua taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ). Todas as moléculas afetaram a  
28 viabilidade de ovos de *N. barkeri*. Em relação a classificação toxicológica proposta pela IOBC,  
29 o piridabem foi classificado como moderadamente nocivo, enquanto os demais acaricidas  
30 foram classificados como inofensivos.

31 **Palavras-chave:** toxicidade, controle químico, controle biológico, ácaros predadores

## 1 9 INTRODUÇÃO

2 A busca por técnicas de manejo de artrópodes pragas que sejam ambientalmente  
3 sustentáveis, socialmente justas e economicamente viáveis tem sido intensificada. A redução  
4 do uso de pesticidas (especialmente daqueles de amplo espectro) é um objetivo prioritário em  
5 diversos países, os quais têm incentivado a substituição de tais produtos por produtos de  
6 impacto reduzido (Duso *et al.* 2020). Essa prática tem contribuído para avanços nos planos de  
7 manejos de artrópodes pragas, promovendo/maximizando a compatibilidade entre pesticidas e  
8 agentes de controle biológico (Walker *et al.* 2017; Furlan *et al.* 2021).

9 Dentre os agentes de controle biológico destacam-se os ácaros predadores, os quais têm  
10 contribuído enormemente para o crescimento do mercado de invertebrados biológicos (segundo  
11 grupo em número de espécies comerciais) (van Lenteren 2012; Knapp *et al.* 2018; van Lenteren  
12 *et al.* 2018). Estes organismos têm sido utilizados em diferentes culturas (fruteiras, hortaliças e  
13 ornamentais) para controle não só de ácaros fitófagos mas também de pequenos artrópodes  
14 como mosca-branca, dípteros e tripses (Gerson & Weintraub 2012; McMurtry *et al.* 2013; Knapp  
15 *et al.* 2018; van lenteren *et al.* 2018; Azevedo *et al.* 2022). A família Phytoseiidae, que contém  
16 aproximadamente 2500 espécies (van Lenteren 2012; Demite *et al.* 2014; Knapp *et al.* 2018;  
17 van Lenteren *et al.* 2018), recebe destaque como agentes de controle biológico uma vez que  
18 possui cerca de 16 espécies comercializadas ao redor do mundo (Barbosa *et al.* 2017; Demite  
19 *et al.* 2022).

20 Uma das espécies comerciais de Phytoseiidae que vem recebendo destaque é a espécie  
21 *Neoseiulus barkeri* (Hughes) (Acari: Phytoseiidae) (Negm *et al.* 2014; Filgueiras *et al.* 2020a,  
22 2020b, 2020c). De acordo com a classificação proposta por McMurtry *et al.* (2013), *N. barkeri*  
23 é uma espécie generalista do tipo III, alimentando-se preferencialmente de presas, incluindo  
24 diferentes famílias de ácaros e pequenos insetos como tripses e estágios imaturos de mosca-  
25 branca, e facultativamente de subprodutos de plantas tais como pólen, exsudatos açucarados e  
26 néctar. Esta espécie já demonstrou ser capaz de reduzir populações do ácaro-vermelho  
27 *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) (Li *et al.* 2017), do ácaro-branco  
28 *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) (Fan & Pettitt 1994), do ácaro-  
29 rajado *Tetranychus urticae* Koch (Jafari *et al.* 2010) e recentemente do ácaro-vermelho-das-  
30 palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (Filgueiras *et al.* 2020a).

31 Apesar do potencial e eficiência dos agentes de controle biológico por vezes o emprego  
32 do inimigo natural de forma exclusiva não é suficiente para garantir o controle da praga alvo,  
33 fazendo-se necessário a adoção de outras estratégias de controle (Solomon *et al.* 2000). Estas

1 estratégias adicionais podem incluir o emprego de pesticidas, daí a importância de se conhecer  
2 o efeito destes sobre os agentes de controle biológico. Dentre os sistemas no qual estudos que  
3 envolvem controle químico integrado ao controle biológico vêm sendo estudado, o sistema do  
4 coqueiro, que é atacado por diferentes ácaros, vem recebendo destaque (Lima *et al.* 2016).

5 Uma das espécies de ácaros que ocasiona prejuízos em plantas de coqueiro é *R. indica*.  
6 *Raoiella indica* é uma espécie invasora da família Tenuipalpidae que tem causado prejuízos  
7 econômicos e também ecológicos em diferentes partes do mundo (Melo *et al.* 2018, Barros *et*  
8 *al.* 2020). Após sua introdução na América em 2009 (Navia *et al.* 2011), *R. indica* expandiu  
9 seu número de hospedeiro sendo encontrado atualmente sobre 100 espécies botânicas, incluindo  
10 espécies cultivadas e não cultivadas (Cocco & Hoy 2009; Lima *et al.* 2011; Gondim *et al.* 2012;  
11 Carrillo *et al.* 2012; Navia *et al.* 2015; Neto *et al.* 2020). A alimentação deste herbívoro sobre  
12 o hospedeiro, normalmente, provoca clorose e dissecação de folhas. As culturas do coco e da  
13 banana são as mais sensíveis ao ataque desta praga onde, segundo os produtores, as perdas  
14 ocasionadas podem representar 70% da produção (Navia *et al.* 2015). Apesar do elevado índice  
15 de perdas, raras são as recomendações técnicas para o controle dessa praga. Assim, métodos de  
16 controle vêm sendo estudados contra esse herbívoro, destacando-se o controle químico (Jayaraj  
17 *et al.* 1991; Rodrigues & Peña 2012; Assis *et al.* 2013; Mendes *et al.* 2018; Sánchez-Vázquez  
18 *et al.* 2017) e o biológico (Peña *et al.* 2009; Domingos *et al.* 2012; Mendes *et al.* 2018;  
19 Filgueiras *et al.* 2020a). Dentre os agrotóxicos testados contra *R. indica*, abamectina mostrou  
20 eficiência na redução das populações e recentemente foi registrado para uso no controle desta  
21 praga (Ematerce 2023). Dentre os agentes de controle biológico, *N. barkeri* é a única espécie  
22 registrada para controle de *R. indica* (Agrofit 2023), demonstrando excelentes resultados  
23 (redução das populações de *R. indica*) em campo na cultura do coqueiro (Filgueiras *et al.*  
24 2020a). Uma vez que há poucos produtos registrados, produtos naturais/botânicos  
25 especialmente aqueles a base azadiractina têm sido utilizados pelos agricultores visando  
26 minimizar as perdas ocasionadas por *R. indica*.

27 O uso exclusivo e frequente de uma mesma molécula tóxica quer seja ela sintética ou  
28 botânica pode levar a diversos problemas, tais como: intoxicação do operador, deixar resíduos  
29 sobre os produtos, elevar os riscos ambientais, pode levar ao desenvolvimento de populações  
30 resistentes, dentre outros (Tabashnik 1989; Margni *et al.* 2002; Yadav 2010; Finkler 2013).  
31 Assim, o uso de produtos seletivos, os quais atuam de forma letal sobre o herbívoro-praga e  
32 causaria efeitos mínimos sobre os agentes de controle biológico representa uma alternativa para  
33 redução do uso de químicos em campo e poderia aumentar a eficiência de controle. No presente

1 estudo foi avaliada a compatibilidade dos produtos abamectina, azadiractina, fenpiroximato e  
2 piridabem com o ácaro predador *N. barkeri* através da seletividade dos produtos (comparação  
3  $CL_{50}$ ), sobrevivência, fecundidade, viabilidade de ovos e taxa instantânea de crescimento. Além  
4 de classificar estes acaricidas quanto a sua toxicidade de acaricidas segundo a IOBC  
5 (International Organization for Biological Control) para avaliação do diferencial de toxicidade  
6 entre acaricidas em laboratório através do método proposto por Sterk *et al.* (1999).

7

## 1 10 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2 10.1 LOCAL DE EXECUÇÃO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

3 Todos os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Pernambuco  
4 (UFPE) no Laboratório de Acarologia situado em Recife, Pernambuco. Todos os ensaios foram  
5 conduzidos em laboratório sob as seguintes condições:  $27 \pm 1^\circ \text{C}$ ,  $75 \pm 10\%$  UR e 12 h de  
6 fotofase.

### 7 10.2 COLETA E CRIAÇÃO DOS ÁCAROS

8 Aproximadamente 1000 espécimes de *N. barkeri* foram obtidos junto a empresa TopBio  
9 – Insumos biológicos Indústria e Comércio Ltda, localizada em Mossoró-RN. Os indivíduos  
10 foram mantidos em unidades experimentais que consistiram de um pote de plástico com  
11 capacidade de 7L (60 cm de altura e 25 cm de comprimento) com 2 orifícios (7 cm de diâmetro)  
12 laterais cobertos com *voile* permitindo as trocas gasosas. Para a alimentação, populações do  
13 ácaro *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) foram ofertadas aos predadores um dia sim e um dia  
14 não, com no mínimo 1000 formas ativas. Indivíduos de *T. putrescentiae* foram inicialmente  
15 multiplicados em ração de cachorro previamente umedecida e posteriormente multiplicadas e  
16 mantidas em potes iguais ao do *N. barkeri*.

17 Indivíduos de *R. indica* foram obtidos a partir de folíolos infestados de coqueiros  
18 presente no campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e diretamente utilizados  
19 nos experimentos (não foi estabelecida uma criação para esta espécie).

### 20 10.3 ACARICIDAS

21 Os acaricidas utilizados foram: abamectina (Abadin 72 EC CropChem Ltda.),  
22 azadiractina (Azamax E.I.D. Parry Limited), fenpiroximato (Ortus 50 SC Nichino do Brasil  
23 Agroquímicos Ltda.) e piridabem (Sanmite EW Iharabras S.A. Indústrias Químicas). Estes  
24 acaricidas são registrados para a cultura de coqueiro (Agrofit 2022).

### 25 10.4 BIOENSAIO DE TOXICIDADE

26 O método 04 do teste de suscetibilidade do IRAC (Comitê de Ação à Resistência a  
27 Inseticidas) foi adotado para os ensaios toxicológicos (IRAC 2023). Inicialmente foram  
28 realizados ensaios preliminares com ambas as espécies, *R. indica* e *N. barkeri*, para cada  
29 acaricida, com três concentrações diluídas em fator 10 (a partir de 0,1 mg de ingrediente ativo/L  
30 de calda), além do controle (apenas água destilada). Para cada produto foi estabelecida uma  
31 faixa de concentração que causassem entre 0 e 100% de mortalidade.

1           Para os ensaios preliminares com *R. indica*, fragmentos retangulares de folíolos de  
2 coqueiro de (3,5 x 2,5 cm) foram totalmente imersos, durante cinco segundos, em um volume  
3 de 40 ml de solução de cada acaricida ou em água destilada (controle). Posteriormente, os  
4 fragmentos foram postos para secar em laboratório por 30 min. Com os fragmentos secos,  
5 unidades experimentais foram preparadas as quais consistiram em uma placa de Petri (10 cm  
6 de diâmetro) contendo uma esponja de polietileno (mesmo diâmetro e 1 cm de espessura)  
7 umedecidas com água destilada sob um papel filtro (também com mesmo diâmetro), no qual  
8 foram postos os fragmentos. Os fragmentos tiveram suas bordas cobertas com algodão  
9 hidrofílico umedecido com água destilada para manter a umidade e impedir a fuga dos ácaros.  
10 Posteriormente, cinco fêmeas adultas de *R. indica* foram transferidas com um pincel para cada  
11 unidade experimental, sendo 4 unidades experimentais para cada concentração, totalizando 20  
12 ácaros por concentração.

13           Nos ensaios preliminares com *N. barkeri* foram utilizadas unidades experimentais  
14 (células de plástico com 1,5 cm de altura e diâmetro de 1,8 cm) obtida da Bio-Serv  
15 Incorporation (Bioassay Tray 128 cells), contendo um pequeno fragmento de folíolo de  
16 coqueiro, e vedados com adesivo (2 x 2 cm) contendo orifícios para passagem do ar. Essa  
17 metodologia foi selecionada para os predadores com a finalidade de reduzir ao máximo o  
18 número de ácaros perdidos (fuga). Todo o material foi imerso nas soluções ou em água destilada  
19 (controle) durante cinco segundos e postos para secar. Com o material completamente seco,  
20 cinco fêmeas adultas *N. barkeri* foram transferidas com pincel para as unidades experimentais,  
21 sendo 4 unidades experimentais para cada concentração, totalizando 20 ácaros por  
22 concentração. Para alimentação dos predadores, 60 fêmeas adultas de *R. indica* foram  
23 transferidas para cada unidade experimental. A avaliação foi realizada após 24 horas,  
24 quantificando os ácaros vivos e mortos, considerando mortos aqueles que não conseguiram se  
25 locomover o equivalente ao seu tamanho corporal após um leve toque do pincel.

26           A partir do teste preliminar seis a sete concentrações foram estabelecidas, além do  
27 controle (água destilada). As concentrações definidas a partir dos ensaios preliminares foram  
28 utilizadas nos bioensaios de toxicidade. Os bioensaios de toxicidade, foram realizados  
29 utilizando a mesma metodologia do ensaio preliminar. Os bioensaios para cada acaricida e  
30 espécie foram repetidas duas vezes em dias diferentes. Em cada repetição 140 a 160 ácaros  
31 foram utilizados.

32           Os dados de mortalidade de cada repetição foram corrigidos através da fórmula de  
33 Abbott quando necessário. Os dados referentes a cada curva e para cada produto foram

1 submetidos a teste de igualdade e paralelismo, e somente após a aprovação no teste (isto é,  
2 curvas com mesmo intercepto e mesma inclinação) foram realizadas análises de Probit,  
3 utilizando o programa POLO-PC (LeOra Software 2005). A razão de seletividade (diferença  
4 entre as espécies) e a razão relativa de toxicidade (entre os acaricidas para a mesma espécie) foi  
5 calculada segundo Robertson & Preisler (1992).

#### 6 10.5 SOBREVIVÊNCIA, FECUNDIDADE E TAXA INSTANTÂNEA DE CRESCIMENTO 7 DE FÊMEAS DE *N. BARKERI* E VIABILIDADE DOS OVOS PRODUZIDOS DURANTE A 8 EXPOSIÇÃO AOS ACARICIDAS

9 Discos de PVC preto (aproximadamente 8 cm de diâmetro) foram imersos em soluções  
10 dos acaricidas ou em água destilada (controle) por cinco segundos, e postos para secar. Com os  
11 discos completamente secos, estes foram utilizados para a montagem das unidades  
12 experimentais. Estas unidades consistiram em uma placa de Petri (10 cm de diâmetro) contendo  
13 uma esponja de polietileno (com mesmo diâmetro e 1 cm de espessura) umedecidas com água  
14 destilada sob um papel filtro (também com 10 cm de diâmetro), no qual foram postos os discos.  
15 Tiras de algodão hidrofílico umedecidos com água destilada foram colocadas ao redor do disco  
16 de PVC.

17 Para esses ensaios, as concentrações recomendadas pelo fabricante para a cultura do  
18 coqueiro foram utilizadas, sendo estas: abamectina 0,19ml/L (13,5mg i.a. L); azadiractina  
19 2,5ml/L (6mg i.a. L); fenpiroximato 2ml/L (25mg i.a. L); piridabem 0,75ml/L (11,25 i.a. L)  
20 (Agrofit 2023).

21 Duas fêmeas adultas de *N. barkeri* foram transferidas para as unidades experimentais  
22 juntamente com um macho para contínua fertilização. Cada unidade experimental correspondeu  
23 a uma repetição. Diariamente foram transferidas aproximadamente 50 formas ativas de *R.*  
24 *indica* como fonte de alimento. Quinze a vinte repetições para cada concentração e controle  
25 foram realizadas. A sobrevivência das fêmeas de cada repetição foi avaliada através da  
26 contagem diária do número de fêmeas vivas e mortas até a mortalidade de todas as fêmeas. O  
27 número de ovos depositados por estas fêmeas foram contabilizados e a viabilidade destes  
28 avaliada diariamente por 10 dias após a primeira postura. Com os dados equivalente a 10 dias  
29 de duração do experimento de sobrevivência a taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de *N. barkeri*  
30 exposto ou não a acaricidas foi calculada. Este parâmetro foi estimado usando a equação:  $r_i =$   
31  $\ln(N_f/N_0)/\Delta t$ , onde:  $N_f$  é o número final de ácaros,  $N_0$  é o número inicial de ácaros,  $\Delta t$  é o  
32 intervalo de tempo entre o começo e o final do bioensaio (Stark *et al.* 1997; Walthall & Stark  
33 1997). Valores positivos de  $r_i$  significam que a população está em crescimento,  $r_i = 0$  indica que

1 a população está estável, enquanto que valores negativos de  $ri$  indicam que a população está  
2 em declínio.

3 Os dados de sobrevivência das fêmeas foram submetidos à análise de sobrevivência de  
4 Kaplan-Meier para identificar o efeito geral, e testes de Log-Rank para comparações entre pares  
5 (Hosmer & Lemeshow 1999). Os dados de tempo médio de sobrevivência das fêmeas após a  
6 exposição aos acaricidas, proporção de ovos viáveis e de taxa instantânea de crescimento foram  
7 analisados através do teste não-paramétricos de Kruskal-Wallis. Os dados de fecundidade  
8 foram analisados através do teste de Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ). Estas análises foram realizadas  
9 no programa estatístico SAS (SAS Institute 2008).

10

#### 11 10.6 CLASSIFICAÇÃO DA TOXICIDADE SEGUNDO IOBC

12 Os parâmetros de mortalidade, número de ovos e viabilidade dos ovos de *N. barkeri*  
13 obtidos no bioensaio anterior (Sobrevivência das fêmeas de *N. barkeri*, fecundidade,  
14 viabilidade dos ovos) foram utilizados para determinar suscetibilidade das fêmeas de *N. barkeri*  
15 aos acaricidas através da classificação da toxicidade de acaricidas segundo a classificação  
16 proposta pela IOBC (International Organization for Biological Control). Seguimos o modelo  
17 de Sterk *et al.* (1999) para avaliação de suscetibilidade de artrópodes em experimentos  
18 conduzidos em laboratório. Essa classificação leva em consideração o efeito cumulativo dos  
19 pesticidas sobre as fêmeas expostas. O efeito cumulativo foi calculado segundo a fórmula  
20 proposta por Vogt *et al.* (1992) ( $E = 100\% - (100\% - M\%) \times R1 \times R2$ ), no qual  $E$  = efeito  
21 cumulativo;  $M\%$  = mortalidade dos tratamentos corrigidas de acordo com o controle;  $R1$  =  
22 razão do número médio de ovos diários entre os tratamentos e o controle;  $R2$  = razão da  
23 viabilidade média de ovos entre os tratamentos e o controle. As categorias propostas pela IOBC  
24 são as seguintes: 1- inofensivos ( $E < 30\%$ ), 2- levemente nocivos ( $30 < E < 79\%$ ), 3-  
25 moderadamente nocivos ( $80 < E < 99\%$ ), e 4- nocivos ( $E > 99\%$ ).

## 1 11 RESULTADOS

### 2 11.1 BIOENSAIO DE TOXICIDADE

3 Não foi possível obter curvas de concentração-resposta para o acaricida azadiractina. A  
4 mortalidade máxima encontrada para *N. barkeri* quando exposto a azadiractina foi de 17,5% na  
5 concentração de 10,000 mg l<sup>-1</sup>, enquanto que para *R. indica* foi de 53,13% na concentração de  
6 12,000mg l<sup>-1</sup> e 15,63% dos ácaros fugiram para o algodão demonstrando uma possível  
7 repelência desse produto a *R. indica*. Curvas de concentração-resposta foram obtidas para os  
8 demais acaricidas e apresentaram baixos valores de  $\chi^2$  (< 7,7) e altos valores de P (> 0,10),  
9 mostrando ajuste dos dados ao modelo de Probit (Tabela 1). Para *R. indica*, fenpiroximato foi  
10 o acaricida menos tóxico (maior CL<sub>50</sub>) e abamectina mais tóxico (menor CL<sub>50</sub>), a razão entre  
11 estes acaricidas correspondeu a maior toxicidade relativa observada sendo o abamectina 405  
12 vezes mais tóxico do que o fenpiroximato (ITR, Tabela 1). Já para *N. barkeri*, o inverso foi  
13 observado, abamectina foi o acaricida menos tóxico e fenpiroximato o mais tóxico, com  
14 toxicidade relativa estimada em 5 vezes (ITR, Tabela 1). Dentre os acaricidas avaliados apenas  
15 abamectina foi considerado seletivo com CL<sub>50</sub> superior para *N. barkeri* em comparação com *R.*  
16 *indica*, sendo aproximadamente 16 vezes mais tóxico para a praga (razão de selevidade maior  
17 e diferente de 1) (Tabela 1). Os demais produtos, fenpiroximato e piridabem mostraram-se mais  
18 tóxico para predador que para o herbívoro-praga, sendo considerados não seletivos (razão de  
19 toxicidade menor e diferente de 1) (Tabela 1).

### 20 11.2 SOBREVIVÊNCIA, FECUNDIDADE E TAXA INSTANTÂNEA DE CRESCIMENTO 21 DE FÊMEAS DE *N. BARKERI* E VIABILIDADE DOS OVOS PRODUZIDOS DURANTE A 22 EXPOSIÇÃO AOS ACARICIDAS

23 As curvas de sobrevivência de fêmeas de *N. barkeri* não foram afetadas pela exposição  
24 aos acaricidas ( $\chi^2= 7,14$ ; DF= 4; P= 0,1284). A mortalidade das fêmeas foi iniciada a partir do  
25 sexto dia, com sobrevivência máxima entre 22 a 27 dias (Figura 1). Por outro lado, o tempo  
26 médio de sobrevivência das fêmeas foi afetado pela exposição aos acaricidas azadiractina e  
27 fenpiroximato ( $\chi^2= 11,65$ ; DF= 4; P= 0,02). Fêmeas não expostas aos acaricidas sobreviveram  
28 por um período médio de 17,9 dias, enquanto que fêmeas expostas aos acaricidas azadiractina  
29 e fenpiroximato tiveram redução do tempo médio de sobrevivência (15,25 e 13,9 dias,  
30 respectivamente, não havendo diferença entre si) (Figura 2).

31 A fecundidade das fêmeas de *N. barkeri* foi afetada apenas quando as fêmeas foram  
32 expostas ao acaricida piridabem ( $\chi^2= 9,11$ ; DF: 4; P <0,001) (Tabela 2), apresentando uma  
33 redução de 45,14% em relação a fêmeas não expostas aos resíduos de acaricida. A viabilidade

1 dos ovos de *N. barkeri* também foi afetada quando as fêmeas foram expostas aos acaricidas  
2 ( $\chi^2=45,04$ ; DF: 4;  $P < 0,001$ ) (Tabela 2). Quando expostas a abamectina, azadiractina e  
3 fenpiroximato a proporção de ovos viáveis foram de 0,86, 0,91, 0,87 respectivamente, não  
4 havendo diferença significativa entre eles. Enquanto que as fêmeas expostas a piridabem  
5 geraram uma menor proporção de ovos viáveis, proporção de 0,46.

6 A taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) foi afetada apenas quando fêmeas de *N. barkeri*  
7 foram expostas ao acaricida piridabem ( $\chi^2= 23,65$ ; DF= 4;  $P < 0,0001$ ) (Figura 3), apresentando  
8 uma redução de 22,73% em relação a fêmeas não expostas aos resíduos de acaricida.

### 9 11.3 CLASSIFICAÇÃO DA TOXICIDADE SEGUNDO A IOBC

10 De acordo com a classificação da IOBC, abamectina, azadiractina e fenpiroximato  
11 foram considerados inofensivos com efeito cumulativo inferior a 30%, e piridabem considerado  
12 moderadamente inofensivo com efeito cumulativo entre 80 e 99% (Tabela 2).

13

## 1 12 DISCUSSÃO

2 Dentre os acaricidas testados, e considerando a classificação proposta pela IOBC,  
3 apenas piridabem foi considerado moderadamente nocivo ao predador *N. barkeri*, sendo os  
4 demais acaricidas considerados como inofensivos. No entanto, dentre os produtos considerados  
5 inofensivos abamectina foi o único acaricida considerado seletivo quando levando em  
6 consideração os valores de CL<sub>50</sub> e também o único acaricida que não afetou o tempo médio de  
7 sobrevivência das fêmeas expostas e nem a fecundidade destas. A única alteração promovida  
8 pela exposição ao abamectina foi a redução da viabilidade dos ovos de *N. barkeri* (14%).

9 Considerando estudos de toxicidade e seus valores estimados de concentrações médias  
10 letais, abamectina tem demonstrado seletividade para espécies não alvo como ácaros  
11 predadores fitoseídeos (*Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) (Zhang & Sanderson 1990),  
12 *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Meyer *et al.* 2009) e *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot)  
13 (Lima *et al.* 2013)). Este é um acaricida pertencente ao grupo das avermectinas e age como  
14 agonista do neurotransmissor ácido gama-aminobutírico (GABA) (Strong & Brown 1987;  
15 Clark *et al.* 1995). Essa diferença da toxicidade entre as espécies normalmente tem sido  
16 explicada devido tanto a processos de destoxificação (Clark *et al.* 1995), quanto a diferenças  
17 entre o tamanho dos indivíduos, onde os predadores normalmente são maiores do que suas  
18 presas, como é o caso de *N. barkeri* e *R. indica* (*N. barkeri* mede entre 370-390 µm enquanto  
19 *R. indica* mede entre 230-300µm (Kane *et al.* 2012; Ning *et al.* 2016). O aumento da atividade  
20 enzimática como forma de destoxificação tem sido considerado o mecanismo mais importante,  
21 aumentando a capacidade metabólica dos artrópodes em destoxificar pesticidas (Kim *et al.*  
22 2004). Nos fitoseídeos a destoxificação desses pesticidas geralmente está associada a atividade  
23 de esterases (Mullin *et al.* 1982; Chen *et al.* 2018) e monooxigenases (Roush & Plapp 1982;  
24 Chen *et al.* 2018).

25 Fenpiroximato e piridabem foram mais tóxicos para *N. barkeri* do que para *R. indica*,  
26 apresentando valores de CL<sub>50</sub> inferiores aqueles obtidos para *R. indica*. Assim como no presente  
27 estudo, outras investigações têm também sugerido que estas moléculas podem não ser seletivas  
28 a ácaros predadores, tais como: *P. persimilis* (Ahn *et al.* 2004; Abd-Elhady *et al.* 2011) e *N.*  
29 *californicus* (Atef *et al.* 2019) ambos no controle do *T. urticae*, e *Neoseiulus cucumeris*  
30 (Oudemans) no controle do *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Tetranychidae) (Cheng *et*  
31 *al.* 2021). No presente estudo foi observado ainda que o acaricida piridabem afetou ainda a  
32 fecundidade média das fêmeas, a viabilidade média dos ovos depositados pelas fêmeas expostas  
33 e conseqüentemente sua taxa instantânea de crescimento, levando-o a ser considerado como

1 moderadamente nocivo. Analogamente, o piridabem foi também considerado moderadamente  
2 nocivo ao ácaro predador *N. californicus* (Meyer *et al.* 2009), indicando que este acaricida pode  
3 agir de forma similar na biologia de outros fitoseídeos em doses subletais. A maior toxicidade  
4 destes produtos a *N. barkeri* podem ser explicadas devido à dificuldade em reconhecer e  
5 destoxificar tais moléculas. Na história coevolutiva entre os artrópodes herbívoros e plantas  
6 hospedeiras, os artrópodes desenvolveram a capacidade de metabolizar e destoxificar os  
7 compostos secundários produzidos pelos seus hospedeiros em resposta a herbivoria (Mullin *et*  
8 *al.* 1982; Dermauw *et al.* 2013). Logo, estes herbívoros podem se mostrar mais adaptados a  
9 desintoxicar determinados pesticidas quando comparado a seus inimigos naturais. Tanto o  
10 fenpiroximato quanto o piridabem são acaricidas que agem na respiração celular atuando como  
11 inibidores da enzima NADH oxido-redutase (Marçon 2022). Diversos estudos mostram que as  
12 esterases e principalmente as monooxigenases dependente de citocromo P450 são as principais  
13 enzimas envolvidas na destoxificação desse grupo de químicos para ácaros herbívoros, como  
14 por exemplo *T. urticae* (Kim *et al.* 2004; Ay & Kara 2011; Namin *et al.* 2020). Assim, estudos  
15 que envolvam enzimas destoxificativas e *R. indica* são necessários para tentar explicar essa  
16 possível tolerância de *R. indica* a fenpiroximato e piridabem.

17 O piridabem já foi descrito reduzindo a fecundidade de forma significativa no fitoseídeo  
18 *N. californicus*, podendo afetar a dinâmica populacional deste predador no campo, diminuindo  
19 as taxas de sobrevivência e reprodução (Mollaloo *et al.* 2018). Em outro estudo, Park *et al.*  
20 (2011) avaliaram os efeitos subletais do piridabem na biologia de *P. persimilis* e *Neoseiulus*  
21 *womersleyi* (Schicha) duas espécies de fitoseídeos, e assim como foi observado em nosso  
22 estudo, o piridabem afetou a viabilidade dos predadores, onde demonstrou ser mais prejudicial  
23 para ambas as espécies, principalmente para o *N. womersleyi*.

24 Para azadiractina não foi possível a obtenção de curvas de dose-resposta e  
25 consequentemente não foi possível estimar suas CL<sub>50</sub>. Essa dificuldade na obtenção de curvas  
26 de concentração respostas para este acaricida foi também mencionada em outros estudos  
27 envolvendo ácaros, tais como: *N. baraki* e *Aceria guerreronis* Keifer (Tetranychidae) onde a  
28 mortalidade máxima obtida foi de 20% e 0% respectivamente, (Lima *et al.* 2013), *P. persimilis*  
29 onde não houve mortalidade significativa após exposição (Cote *et al.* 2002), e *N. californicus*  
30 onde a mortalidade máxima observada foi de 4% (Castagnoli *et al.* 2005). No presente estudo  
31 foi observado ainda que o azadiractina afetou o tempo médio de sobrevivência das fêmeas.  
32 Azadiractina tem uma ação mais lenta em comparação com os demais acaricidas avaliados,  
33 pois, atua como regulador de crescimento reduzindo os níveis de ecdisteróides no artrópode,

1 além de também possuir efeitos inibitórios na alimentação (Mordue 2004). Assim, efeitos de  
2 médio e longo prazo são esperados especialmente em decorrência de uma possível inibição de  
3 alimentação, o que pode comprometer a sobrevivência das fêmeas. Azadiractina já foi relatado  
4 reduzindo o tempo médio de sobrevivência de outras espécies de ácaros predadores tais como:  
5 *P. persimilis* (Duso *et al.* 2008), *N. californicus* (Castagnoli *et al.* 2005), *N. baraki* (Lima *et al.*  
6 2013).

7 A viabilidade de ovos foi um parâmetro afetado por todos acaricidas avaliados. Tal  
8 redução pode ser devido a efeitos fisiológicos, onde os acaricidas podem ter afetado processos  
9 importantes envolvendo a fertilidade da fêmea, tais como vitelogênese e/ou ovulação, por  
10 exemplo. Pesticidas podem dificultar a coordenação entre o sistema nervoso e hormonal do  
11 artrópode, levando a uma quebra na cadeia de eventos fisiológicos associados a oviposição  
12 (Desneux *et al.* 2006). Mais estudos fazem-se necessários para investigar este efeito deletério  
13 sobre os ovos das fêmeas expostas.

14 Dentre os acaricidas testados, abamectina foi o acaricida que menos impactou o fitness  
15 do ácaro predador *N. barkeri*, sendo a viabilidade de ovos o único parâmetro afetado. Outros  
16 estudos fazem-se necessários para investigar se tais efeitos podem ser passados para as  
17 próximas gerações, como tem sido visto em estudos com acaricidas e outros predadores tais  
18 como: abamectina, azadiractina e fenpiroximato para *N. baraki* (Lima *et al.* 2016). Dentro de  
19 um contexto onde se faz necessário o uso do controle químico e biológico para controle de *R.*  
20 *indica*, e considerando a escassez de estudos de seletividade, o acaricida abamectina pode ser  
21 priorizado em detrimento dos aqui testados. Ressalta-se ainda que estratégia visando a  
22 seletividade ecológica do produto pode e deve ser explorada na tentativa de minimizar os efeitos  
23 sobre o ácaro predador.

24

## 1 REFERÊNCIAS

- 2 AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em:  
3 [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) (Acessado em Janeiro de  
4 2023).
- 5 ABD-ELHADY, H. K., & HEIKAL, H. M. M. Selective toxicity of three acaricides to the two-  
6 spotted spider mite *Tetranychus urticae* and predatory mite *Phytoseiulus persimilis* in apple  
7 orchards. **Journal of Entomology**, v. 8, n. 6, p. 574-580, 2011.
- 8 AHN, K.; LEE, S.; LEE, K.; LEE, Y; KIM, G. Selective Toxicity of Pesticides to the Predatory  
9 Mite, *Phytoseiulus persimilis* and Control effects of the Two-spotted Spider Mite, *Tetranychus*  
10 *urticae* by Predatory Mite and Pesticide Mixture on Rose. **Korean Journal Applied**  
11 **Entomology**, v. 43, n. 1, p. 71-79, 2004.
- 12 ASSIS, C.P.; DE MORAIS, E.G.; GONDIM JR., M.G. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica*  
13 and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae:  
14 Phytoseiidae). **Experimental & Applied Acarology**, v. 60, p. 357–365, 2013.
- 15 ATEF, M. M. S.; IBRAHIM, M. M. S.; XUENONG, X. Comparative selectivity of acaricides  
16 to the predatory mites of *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* (Acari:  
17 Phytoseiidae). **Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute**, v. 2, n. 4, p. 586-  
18 598, 2019.
- 19 AY, R. & KARA, F.E. Toxicity, inheritance of fenpyroximate resistance, and detoxification-  
20 enzyme levels in a laboratory-selected fenpyroximate-resistant strain of *Tetranychus urticae*  
21 Koch (Acari: Tetranychidae). **Crop Protection**, v. 30, p. 605–610, 2011.
- 22 AZEVEDO, L.H.; BORGES, V.; FILHO, W.M.; CASTILHO, R.C.; MORAES, G.J. Semi-  
23 field evaluation of the predation of and (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae) on the house fly  
24 and the stable fly (Diptera: Muscidae). **Pest Management Science**, v. 78, n. 3, p.1029-1034,  
25 2022.

- 1 BARBOSA, M.F.C.; DEMITE, P.R.; MORAES, G.J.; POLETTI, M. **Controle Biológico com**  
2 **ácaros predadores e seu papel no manejo integrado de pragas**. Engenheiro Coelho, Promip  
3 Manejo Integrado de Pragas Ltda., 2017. 70pp.
- 4 BARROS, M.E.D.; LIMA, D.B.; MENDES, J.A.; GONDIM, M.G.C.; MELO, J.W.S. The  
5 establishment of an invasive pest mite, *Raoiella indica*, affects mite abundance and diversity on  
6 coconut plants. **Systematic and Applied Acarology**, v. 25, n. 5, p. 881-894, 2020.
- 7 CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA, A.; DUNCAN, R.E; PEÑA, J.E. Host  
8 plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World.  
9 **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 271–289, 2012.
- 10 CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S.; DUSO, C. Toxicity of some insecticides to  
11 *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. **BioControl**, v. 50, p.  
12 611-622, 2005.
- 13 CHEN, X.; ZHANG, Y.; SUN, L; ZHEN, Y.; ZHANG, Y. ; LIN, J. Comparison of the  
14 detoxification enzymes activities in the avermectinresistant and susceptible strains of  
15 *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**,  
16 v. 23, n. 9, p. 1885-1888, 2018.
- 17 CHENG, S., LIN, R., YOU, Y., LIN, T., ZENG, Z., & YU, C. Comparative sensitivity of  
18 *Neoseiulus cucumeris* and its prey *Tetranychus cinnabarinus*, after exposed to nineteen  
19 pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 217, p. 112234, 2021.
- 20 CLARK, J.M.; SCOTT, J.G.; CAMPOS, F.; BLOOMQUIST, J.R. Resistance to Avermectins:  
21 Extent, Mechanisms, and Management Implications. **Annual review of entomology**, v. 40, n.  
22 1, p. 1-30, 1995.
- 23 COCCO, A.; HOY, M. A. Feeding, reproduction and development of the red palm mite (Acari:  
24 Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. **Florida Entomologist**,  
25 v. 92, n. 2, p. 276-291, 2009.

- 1 COTE, Kenneth W.; LEWIS, Edwin E.; SCHULTZ, Peter B. Compatibility of acaricide  
2 residues with *Phytoseiulus persimilis* and their effects on *Tetranychus urticae*. **HortScience**, v.  
3 37, n. 6, p. 906-909, 2002.
- 4 DEMITE, P.R., MORAES, G.J. DE, MCMURTRY, J.A., DENMARK, H.A. & CASTILHO,  
5 R. C. Phytoseiidae Database. Disponível em: [www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae](http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae) (Acessado  
6 em Janeiro de 2023).
- 7 DERMAUW, W., WYBOUW, N., ROMBAUTS, S., MENTEN, B., VONTAS, J., GRBIC, M.,  
8 CLARK, R.M., FEYEREISEN, R. & LEEUWEN, T. V. A link between host plant adaptation  
9 and pesticide resistance in the polyphagous spider mite *Tetranychus urticae*. **Proceedings of**  
10 **the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 2, p. E113-E122, 2013.
- 11 DESNEUX, N., DECOURTYE, A. & DELPUECH, J.-M. The Sublethal Effects of Pesticides  
12 on Beneficial Arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81–106, 2007.  
13
- 14 DOMINGOS, C.A., OLIVEIRA, L.O., DE MORAIS, E.G., NAVIA, D., DE MORAES, G.J.  
15 & GONDIM JR., M.G. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius*  
16 *largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari:  
17 Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p. 83-93, 2013.
- 18 DUSO, C., VAN LEEUWEN, T., & POZZEBON, A. Improving the compatibility of pesticides  
19 and predatory mites: recent findings on physiological and ecological selectivity. **Current**  
20 **Opinion in Insect Science**, v. 39, p. 63-68, 2020.
- 21 DUSO, C., MALAGNINI, V., POZZEBON, A., CASTAGNOLI, M., LIGUORI, M., &  
22 SIMONI, S. Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean  
23 populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari Tetranychidae,  
24 Phytoseiidae). **Biological Control**, v. 47, n. 1, p. 16-21, 2008.
- 25 EMATERCE. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará. Disponível em:  
26 [https://www.ematerce.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/86/2020/05/TABELA-](https://www.ematerce.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/86/2020/05/TABELA-DEFENSIVOS-para-coqueiro.pdf)  
27 [DEFENSIVOS-para-coqueiro.pdf](https://www.ematerce.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/86/2020/05/TABELA-DEFENSIVOS-para-coqueiro.pdf) (Acessado em Abril de 2023).

- 1 FAN, Y. & PETITT, F.L. Biological control of broad mite *Polyphagotarsonemus latus* (Banks)  
2 (Acari: Tarsonemidae) by *Neoseiulus barkeri* Hughes on pepper. **Biological control**, v. 4, n.  
3 4, p. 390-395, 1994.
- 4 FILGUEIRAS, R.M.C. MENDES, J.A., NETO, E.P.S., MONTEIRO, N.V. & MELO, J.W.S.  
5 *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent for *Raoiella indica*  
6 Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 25, n. 4, p. 593-606,  
7 2020a.
- 8 FILGUEIRAS, R.M.C., MENDES, J.A., DA SILVA, F.W.B., NETO, E.P.S. & MELO, J.W.S.  
9 Prey stage preference and functional and numerical responses of *Neoseiulus barkeri* Hughes  
10 (Acari: Phytoseiidae) to eggs of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic and**  
11 **Applied Acarology**, v. 25, n. 6, p. 1147-1157, 2020b.
- 12
- 13 FILGUEIRAS, R.M.C., SILVA, B.W., NETO, E.P.S., MENDES, J.A., MELO, J.W.S. Can the  
14 prey species *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) support the development and  
15 reproduction of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied**  
16 **Acarology**, v. 25, n. 8, p. 1485-1494, 2020c.
- 17 FINKLER, C.L.L. Controle de insetos: uma breve revisão. **Anais da Academia**  
18 **Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, p. 169-189, 2013.
- 19 FURLAN, L., POZZEBON, A. DUSO, C. SIMON-DELISO, N., SÁNCHEZ-BAYO, F.,  
20 MARCHAND, P.A., CODATO, F., BIJLEVELD VAN LEXMOND, M., BONMATIN, J.-M.  
21 An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 3:  
22 alternatives to systemic insecticides. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28,  
23 p. 11798-11820, 2021.
- 24 GERSON, U. & WEINTRAUB, P. Mites (Acari) as a Factor in Greenhouse Management.  
25 **Annual Review of Entomology**, v. 57, p. 229-47, 2010.
- 26
- 27 GONDIM JR., M.G.C., CASTRO, T.M.M.G, MARSARO JR., A.L., NAVIA, D., MELO,  
28 J.W.S, DEMITE, P.R. & MORAES, G.J. Can the red palm mite threaten the Amazon  
29 vegetation? **Systematics and Biodiversity**, v. 10, n. 4, p. 527-535, 2012.

- 1 HOSMER, D.W. & LEMESHOW, S. **Applied Survival Analysis**. New York, John Wiley &  
2 Sons, 1999. 416pp.  
3
- 4 IRAC. Susceptibility Test Methods Series. Method No. 09. Disponível em: [https://irac-](https://irac-online.org/content/uploads/2009/09/Method_004_v3_june09.pdf)  
5 [online.org/content/uploads/2009/09/Method\\_004\\_v3\\_june09.pdf](https://irac-online.org/content/uploads/2009/09/Method_004_v3_june09.pdf) (Acessado em Janeiro de  
6 2023).
- 7 JAFARI, S., FATHIPOUR, Y., FARAJI, F. & BAGHERI, M. Demographic response to  
8 constant temperatures in *Neoseiulus barkeri* (Phytoseiidae) fed on *Tetranychus urticae*  
9 (*Tetranychidae*). **Systematic and Applied Acarology**, v. 15, n. 2, p. 83-99, 2010.
- 10 JAYARAJ, J., NATARAJAN, K., RAMASUBRAMANIAN, G.V. Control of *Raoiella indica*  
11 Hirst. (Tenuipalpidae: Acari) on coconut with pesticides. **Indian Coconut Journal (Cochin)**,  
12 v. 22, n. 8, p. 7-9, 1991.
- 13 KANE, E. C., OCHOA, R., MATHURIN, G., ERBE, E. F., & BEARD, J. J. *Raoiella indica*  
14 (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. **Experimental and Applied**  
15 **Acarology**, v. 57, n. 3-4, p. 215–225, 2012.
- 16 KIM, Y.J. Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-  
17 resistance and biochemical resistance mechanisms. **Pest Management Science: formerly**  
18 **Pesticide Science**, v. 60, n. 10, p. 1001-1006, 2004.
- 19 KNAPP, M., VAN HOUTEN, Y., VAN BAAL, E. & GROOT, T. Use of predatory mites in  
20 commercial biocontrol: current status and future prospects. **Acarologia**, v. 58, n. Suppl, p. 72-  
21 82, 2018.
- 22 LEORA SOFTWARE. **POLO-Plus, POLO for Windows computer program, version 2.0**.  
23 Petaluma, 2005.  
24
- 25 LI, Y., ZHANG, G., TIAN, C., LIU, M., LIU, Y., LIU, H. & WANG, J. Does long-term feeding  
26 on alternative prey affect the biological performance of *Neoseiulus barkeri* (Acari:  
27 Phytoseiidae) on the target spider mites? **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 3, p.  
28 915-923, 2017.
- 29 LIMA, D.B., MONTEIRO, V.B., GUEDES, R.N.C., SIQUEIRA, H.A.A., PALLINI, A. &  
30 GONDIM JR., M.G.C. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite  
31 predator *Neoseiulus baraki*. **Biocontrol**, v. 58, p. 595-605, 2013.

- 1 LIMA, D.B., MELO, J.W.S, GONDIM JR., M.G.C., GUEDES, R.N.C. & OLIVEIRA, J.E.M.  
2 Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite  
3 *Neoseiulus baraki*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 70, p. 165-177, 2016.
- 4 LIMA, M.R. RODRIGUEZ, H. GONZALEZ, A. L. GONZALEZ, M. Management strategy of  
5 *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Cuba. **Zoosymposia**, v. 6, p. 152–159-152–159,  
6 2011.
- 7 MARÇON, P.G. Modo de ação de inseticidas e acaricidas. Disponível em: [https://www.iraac-](https://www.iraac-br.org/artigos)  
8 [br.org/artigos](https://www.iraac-br.org/artigos) (Acessado em Setembro de 2022).
- 9 MARGNI, M., ROSSIER, D., CRETТАZ, P. & JOLLIET, O. Life cycle impact assessment of  
10 pesticides on human health and ecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 93,  
11 n. 1-3, p. 379-392, 2002.
- 12 MCMURTRY, J.A., DE MORAES, G.J. & SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyles of  
13 phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies.  
14 **Systematic and Applied Acarology**, v. 18, n. 4, p. 297-320, 2013.
- 15 MENDES, J.A., LIMA, D.B., NETO, E.P.S., GONDIM JR., M.G.C. & MELO, J.W.S.  
16 Functional response of *Amblyseius largoensis* to *Raoiella indica* eggs is mediated by previous  
17 feeding experience. **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, n. 10, p. 1907-1914, 2018.
- 18 MELO, J.W.S., NAVIA, D., MENDES, J.A., FILGUEIRAS, R.M.C, TEODORO, A.T.,  
19 FERREIRA, J.M.S., GUZZO, E.C., SOUZA, I.V, MENDONÇA, R.S., CALVET, E.C., NETO,  
20 A.A.P, GONDIM JR., M.G.C., MORAIS, E.G.F., GODOY, M.S., SANTOS, J.R., SILVA,  
21 R.I.R., SILVA, V.B., NORTE, R.F., OLIVA, A.B., SANTOS, R.D.P. & DOMINGOS, C.A.  
22 The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range  
23 extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. **Internatioanl**  
24 **Journal of Acarology**, v. 44, n. 4-5, p.146–149, 2018.
- 25 MEYER, G.A., KOVALESKI, A. & VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M. Seletividade de  
26 agrotóxicos usados na cultura da macieira a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari:  
27 Phytoseiidade). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 381-387, 2009.

- 1 MORDUE, A. J. Present Concepts of the mode of action of Azadiracthin from neem. O. Koul  
2 and S. Wahab (eds.) **Neem: Today and in the New Millenniumi**. 2004. pp. 229–242.
- 3 MOLLALOO, M.G., KHERADMAND, K. & TALEBI, A.A. Sublethal effects of pyridaben on  
4 life table parameters of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari:  
5 Phytoseiidae). **Zoology and Ecology**, v. 28, n. 1, p. 56-63, 2018.
- 6 MULLIN, C.A., CROFT, B.A., STRICKLER, K., MATSUMURA, F. & MILLER, J.R.  
7 Detoxification enzyme differences between a herbivorous and predatory mite. **Science**, v. 217,  
8 n. 4566, p. 1270-1272, 1982.
- 9 NAVIA, D., MARSARO JR., A.L., DA SILVA. F.R., GONDIM JR., M.G. & DE MORAES,  
10 G.J. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil.  
11 **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 3, p. 409-411, 2011.
- 12 NAVIA, D., MORAIS, E.G.F., MENDOÇA, R.S. & GONDIM JR, M.G.C. Ácaro vermelho-  
13 das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: Vilela, E.F. & Zucchi, R.A. (eds.) **Pragas**  
14 **introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2015. 418-452pp.
- 15 NAMIN, H.H., ZHUROV, V., SPENLER, J., GRBIĆ, M. GRBIĆ, V & SCOTT, I.M.  
16 Resistance to pyridaben in Canadian greenhouse populations of two-spotted spider mites,  
17 *Tetranychus urticae* (Koch). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 170, p. 104677, 2020.
- 18 NING, T. ENTAO, S. XIAODONG, Z. & CHAOPIN, L. Infestation of *Neoseiulus barkeri* in  
19 bedroom storage. **Chinese Journal of Vector Biology and Control**, v. 27, n. 1, p 25-27, 2016.
- 20 PARK, J.J., KIM, M., LEE, J.H., SHIN, K.I., LEE, S.E., KIM, J.G. & CHO, K. Sublethal  
21 effects of fenpyroximate and pyridaben on two predatory mite species, *Neoseiulus womersleyi*  
22 and *Phytoseiulus persimilis* (Acari, Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, 54,  
23 243-259, 2011.
- 24 PEÑA, J.E., RODRIGUES, J.C.V., RODA, A., CARRILLO, D. & OSBORNE, L.S. Predator-  
25 prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari:  
26 Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. **IOBC/wprs Bulletin**, v. 50, p. 69-79,  
27 2009.

- 1 ROBERTSON, J.L. & PREISLER, H.K. *Pesticide bioassays with arthropods*. Boca Raton, CRC  
2 Press, 1992. 127pp.
- 3 RODRIGUES, J.C.V. & PEÑA, J.E. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica*  
4 (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57,  
5 p. 317-329, 2012.
- 6 ROUSH, R.T. & PLAPP JR, F.W. Biochemical genetics of resistance to aryl carbamate  
7 insecticides in the predaceous mite, *Metaseiulus occidentalis*. **Journal of Economic**  
8 **Entomology**, v. 75, n. 2, p. 304-307, 1982.
- 9 SAS Institute. **SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO**. Cary: SAS Institute  
10 Incorporation, 2008.
- 11 SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, E.P., OSORIO-OSORIO, R., HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, L.U.,  
12 HERNÁNDEZ-GARCÍA, V., MÁRQUEZ-QUIROZ, C. & CRUZ-LÁZARO, E. Toxicidad de  
13 acaricidas para el ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Agrociencia**,  
14 v. 51, n. 1, p. 81-90, 2017.
- 15 SOLOMON, M.G., CROSS, J.V., FITZGERALD, J.D., CAMPBELL, C.A.M., JOLLY, R.L.,  
16 OLSZAK, R.W., NIEMCZYK, E. & VOGT, H. Biocontrol of pests of apples and pears in  
17 Northern and Central Europe-3. Predators. **Biocontrol Science and Technology**, v. 10, n. 2, p.  
18 91-128, 2000.
- 19 STARK, J.D., TANIGOSHI, L., BOUNFOUR, M. & ANTONELLI, A. Reproductive potential:  
20 its influence on the susceptibility of a species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental**  
21 **Safety**, v. 37, p. 273-279, 1997.
- 22 STERK, G., HASSAN, S.A., BAILLOD, M., BAKKER, F., BIGLER, F., BLÜMEL, S.,  
23 BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E., BROMAND, B., BRUN, J., CALIS, J.N.M.,  
24 COREMANS-PELSENEER, J., DUSO, C., GARRIDO, A., GROVE, A., HEIMBACH, U.,  
25 HOKKANEN, H., JACAS, J., LEWIS, G., MORETH, L., POLGAR, L., ROVERSTI, L.,  
26 SAMSOE-PETERSEN, L., SAUPHANOR, B., SHAUB, L., STÄUBLI, A., TUSET, J.J.,  
27 VAINIO, A., VAN DE VEIRE, M., VIGGIANI, G., VIÑUELA, E. & VOGT, H. Results of  
28 the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group  
29 'Pesticides and Beneficial Organisms'. **BioControl**, v. 44, p. 99-117, 1999.

- 1 STRONG, L. & BROWN, A. Avermectins in insect control and biology: a review. **Bulletin of**  
2 **entomological Research**, v. 77, n. 3, p. 357-389, 1987.
- 3 TABASHNIK, B.E. Managing Resistance with Multiple Pesticide Tactics: Theory, Evidence,  
4 and Recommendations. **Journal of Economic Entomology**, v. 82, n. 5, p. 1263-1269, 1989.
- 5 VAN LENTEREN, J.C. The state of commercial augmentative biological control? Plenty of  
6 natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012.
- 7 VAN LENTEREN, J.C., BOLCKMANS, K., KÖHL, J., RAVENSBERG, W.J. &  
8 URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new  
9 opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 39-59, 2018.
- 10 VOGT, H., RUMPF, S., WETZEL, C. & HASSAN, S.A. A field method for testing effects of  
11 pesticides on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera,  
12 Chrysopidae). **Bulletin OILB SROP (France)**, 1992.
- 13 WALKER, J.T.S., SUCKLING, D.M. & WEARING, C.H. Past, present, and future of  
14 integrated control of apple pests: the New Zealand experience. **Annual Review of Entomology**,  
15 v. 62, p. 231-248, 2017.
- 16 WALTHALL, W.K. & STARK, J.D. Comparison of two population level ecotoxicological  
17 endpoints: the intrinsic ( $r_m$ ) and instantaneous ( $r_i$ ) rates of increase. **Environmental**  
18 **Toxicology and Chemistry: An International Journal**, v. 16, n. 5, p. 1068-1073, 1997.
- 19 YADAV, S.K. Pesticide Applications-Threat to Ecosystems. **Journal of Human Ecology**, v.  
20 32, n. 1, p. 37-45, 2010.
- 21 ZHANG, Z.Q. & SANDERSON, J.P. Relative Toxicity of Abamectin to the Predatory  
22 Mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and Twospotted Spider Mite (Acari:  
23 Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 5, p. 1783-1790, 1990.

**TABELA 1.** Toxicidade de acaricidas para fêmeas adultas de *N. barkeri* e *R. indica*.

Espécies	Acaricidas	n <sup>a</sup>	Inclinação ± EP <sup>b</sup>	CL <sub>50</sub> (mg/L) (IC 95%) <sup>c</sup>	CL <sub>99</sub> (mg/L) (IC 95%) <sup>c</sup>	GL <sup>d</sup>	χ <sup>2</sup> <sup>e</sup>	P <sup>f</sup>	ITR (IC 95%) <sup>g</sup>	ISD (IC 95%) <sup>h</sup>
<i>N. barkeri</i>	Abamectina	280	2,8 ± 0,53	2,66 (0,70-3,87)	17,65 (9,32-476,46)	4	7,19	0,13	--	--
	Fenpiroximato	320	1,4 ± 0,19	0,497 (0,346-0,688)	24,15 (10,40-102,61)	5	3,39	0,64	5,36 (3,48-8,25)	--
	Piridabem	320	2,4 ± 0,23	0,83 (0,68-1,01)	8,0 (5,37-14,25)	5	1,69	0,89	3,20 (2,29-4,47)	--
<i>R. indica</i>	Abamectina	280	2,3 ± 0,24	0,164 (0,10-0,25)	1,68 (0,79-8,97)	4	7,70	0,10	405,38 (289,64-567,37)	16,26 (11,60-22,80)
	Fenpiroximato	319	1,7 ± 0,20	66,33 (50,45-86,78)	1655,8 (858,64-4686,28)	5	1,99	0,85	--	0,07 (0,0049-0,012)
	Piridabem	320	1,2 ± 0,15	30,45 (22,16-43,96)	3161,8 (1082,9-19227)	5	1,55	0,91	2,18 (1,42- 3,35)	0,027 (0,019-0,040)

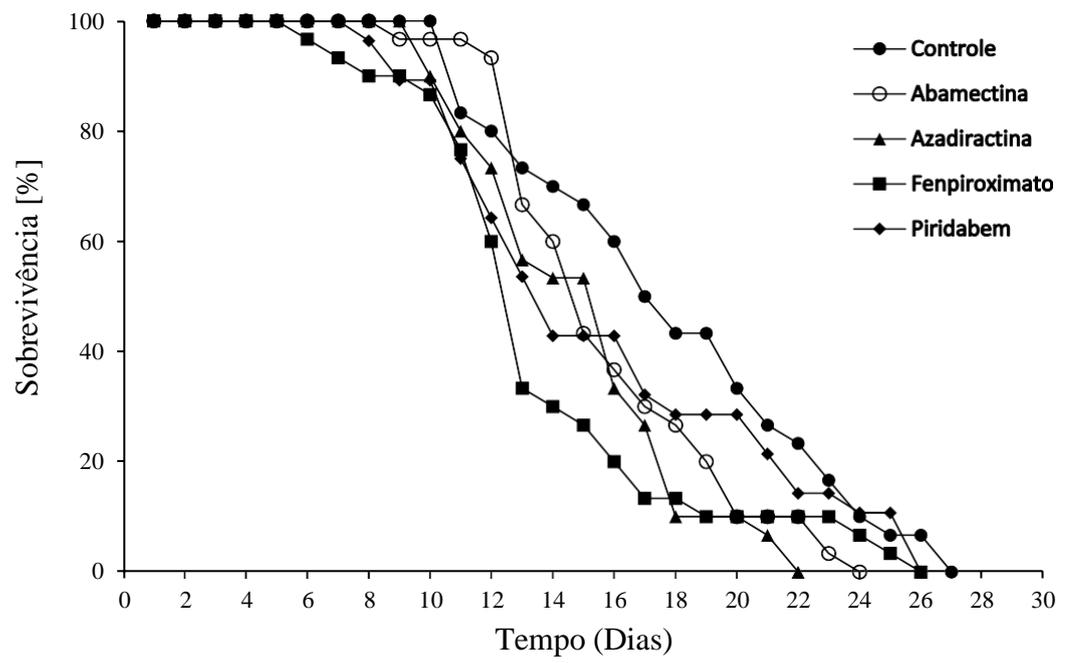
a = total de indivíduos avaliados; b = erro padrão; c = concentração mg/L; d = graus de liberdade; e = qui-quadrado; f = valor de; g= índice de toxicidade relativa (segundo Robertson & Preisler, 1992, significativo quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1); h= índice de seletividade diferencial (segundo Robertson & Preisler, 1992, significativo quando o intervalo de confiança não inclui o valor 1).

**TABELA 2.** Fecundidade, viabilidade, efeito cumulativo e classificação IOBC de *N. barkeri* exposto a diferentes acaricidas.

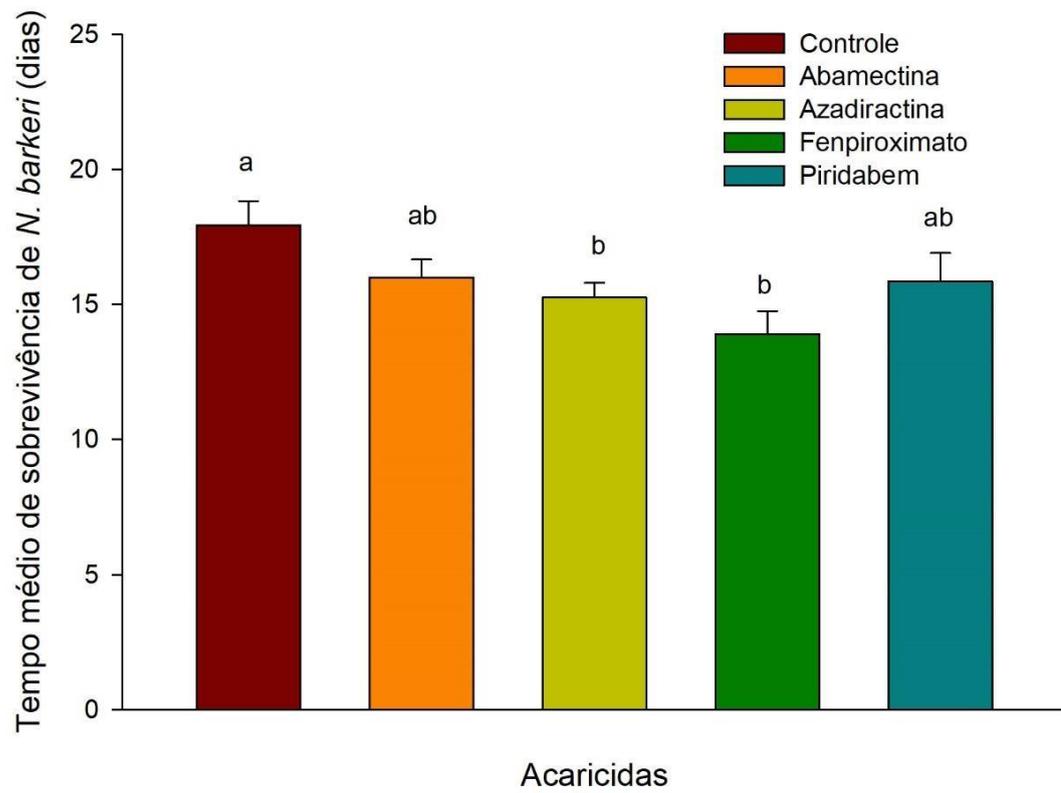
Tratamento	M (%) <sup>*</sup>	Fecundidade (média ± EP)	Viabilidade (média ± EP)	E(%)	Classificação segundo a IOBC
Controle	--	22 ± 1,27a	1,0 ± 0a	--	--
Abamectina	23,00	27,2 ± 1,78a	0,86 ± 0,02b	0,00	1 (inofensivo)
Azadiractina	13,00	24,53 ± 1,63a	0,91 ± 0,02b	0,61	1 (inofensivo)
Fenpiroximato	39,67	25,67 ± 1,73a	0,87 ± 0,03b	8,68	1 (inofensivo)
Piridabem	19,67	12,07 ± 1,39b	0,46 ± 0,07c	87,85	3 (moderadamente nocivo)

\*Porcentagem de Mortalidade corrigida a partir do controle

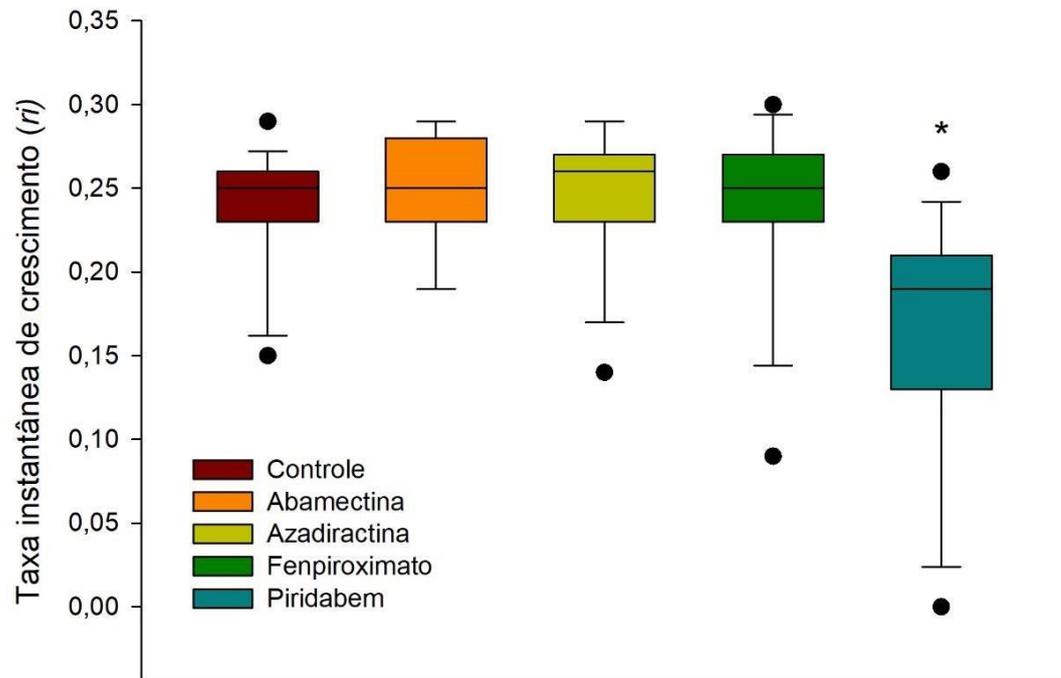
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si através do teste Tukey HSD (fecundidade) e Kruskal – Wallis (viabilidade) (P >0,05).



**FIGURA 1.** Curvas de sobrevivência de *N. barkeri* em dias exposto aos acaricidas.



**FIGURA 2.** Tempo médio de sobrevivência de *N. barkeri* em dias quando exposto aos acaricidas e água destilada (controle). Barras com a mesma letra não diferem entre si através do teste de Kruskal – Wallis ( $P > 0,05$ ).



**FIGURA 3.** Taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de *N. barkeri* quando exposto aos acaricidas e água destilada (controle). Asterisco indica diferença significativa através do teste de Kruskal – Wallis ( $P < 0,05$ ).