

Mortalidade de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae) sob ação, *in vitro*, de acaricidas

Mortality of *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae) on *in vitro* action of acaricides

Mortalidad de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae) bajo acción *in vitro* de acaricidas

Recebido: 14/08/2020 | Revisado: 18/08/2020 | Aceito: 21/08/2020 | Publicado: 26/08/2020

Jailma Rodrigues dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4955-391X>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: jailma.santos@estudante.ufla.br

Lucivânio Domingos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9725-2575>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: lucivaniodomingos13@gmail.com

Kalline Silveira Carneiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3601-1604>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: kallynesilveira2fefe@gmail.com

Maurício Sekiguchi de Godoy

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3842-340X>

Universidade Federal Rural do Semiárido, Brasil

E-mail: msdgodoy@ufersa.edu.br

José Wagner da Silva Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1056-8129>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: wagnermelo@ufc.br

Brígida Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4778-4151>

Universidade Federal de Lavras, Brasil

E-mail: brgsouza@ufla.br

Resumo

Medidas para o controle de *Raoiella indica* Hirst, 1924 infestando e causando prejuízos em cultivos de *Cocos nucifera* são escassas no Brasil. Visando fomentar programas de manejo desse ácaro na cultura do coqueiro, comparou-se a efetividade *in vitro* dos acaricidas abamectina, clorfenapir e fenpiroximato sobre fêmeas adultas de *R. indica*, de acordo com a dosagem recomendada para mortalidade de 80% de ácaros-praga. Avaliaram-se a mortalidade após 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas após aplicação, mortalidade acumulada e análise de sobrevivência das fêmeas. Com base na normalidade dos dados, foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLM) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para os três parâmetros avaliados, abamectina foi o mais tóxico nas primeiras horas após aplicação, com o maior pico de mortalidade 6 horas após. Fenpiroximato mostrou-se eficiente com o passar do tempo, igualando-se à abamectina após 12 horas. Ambos ocasionaram mortalidade de 98% após 72 horas. A ação de clorfenapir foi mais tardia em relação aos demais acaricidas, contudo, foi o único que ocasionou 100% de mortalidade. Os três produtos mostraram-se eficientes no controle de *R. indica* em testes conduzidos em laboratório, no entanto, a abamectina mostrou-se tóxico logo nas seis primeiras horas após a aplicação, com eficiência de 85,42% sobre a mortalidade acumulada, sendo o produto com ação mais rápida no controle das fêmeas adultas de *R. indica*.

Palavras-chave: Ácaro fitófago; Arecaceae; Controle químico.

Abstract

Measures for the control of *Raoiella indica* Hirst, 1924 infesting and causing damage in *Cocos nucifera* crops are scarce in Brazil. In order to promote management programs of this mite in coconut tree culture, the *in vitro* effectiveness of abamectin, clorfenapir and phenpiroximate acaricides was compared on adult females of *R. indica*, according to the recommended dosage for mortality of 80% of pest mites. Mortality was evaluated after 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours after application, accumulated mortality and female survival analysis. Based on the normality of the data, Generalized Linear Models (GLM) and the means compared by the Tukey test at 5% probability were used. For the three parameters evaluated, abamectin was the most toxic in the first hours after application, with the highest peak mortality 6 hours later. Phenpiroximate was efficient over time, matching abamectin after 12 hours. Both caused mortality of 98% after 72 hours. The action of chlorryfenapir was later in relation to the other acaricides, however, it was the only one that caused 100% mortality. The three products were efficient in the control of *R. indica* in laboratory tests, however,

abamectin was toxic in the first six hours after application, with efficiency of 85.42% on accumulated mortality, being the product with faster action in the control of adult females of *R. indica*.

Keywords: Phytophagous mite; Arecaceae; Chemical control.

Resumen

Las medidas de control para la infestación y daños causados por *Raoiella indica* Hirst, 1924 en los cultivos de *Cocos nucifera* son escasos en Brasil. Con el fin de promover programas de manejo de este ácaro en este cultivo, se comparó la eficacia in vitro de abamectina, chlorrfenapir y phenpiroximate acaricidas en hembras adultas de *R. indica*, de acuerdo con la dosis recomendada para la mortalidad del 80% de los ácaros. Se evaluó la mortalidad acumulada y el análisis de supervivencia en hembras, después de 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de la aplicación. Se utilizaron los Modelos Lineales Generalizados (GLM) y se realizó una prueba de Tukey con un 5% de probabilidad. Para los tres parámetros evaluados, la abamectina fue la más tóxica en las primeras horas después de la aplicación, con la mayor mortalidad máxima 6 horas después. Phenpiroximate fue eficiente con el tiempo, haciendo coincidir la abamectina después de 12 horas. Ambos causaron una mortalidad del 98% después de 72 horas. La acción de chlorrfenapir fue más lenta en relación con los otros acaricidas, sin embargo, fue la única que causó 100% de mortalidad. Los tres productos fueron eficientes en el control de *R. indica* en pruebas de laboratorio, sin embargo, la abamectina fue tóxica en las primeras seis horas después de la aplicación, con una eficiencia del 85,42% en la mortalidad acumulada, siendo el producto con una acción más rápida en el control de las hembras adultas de *R. indica*.

Palabras clave: Ácaro fitófago; Arecaceae; Control químico.

1. Introdução

O primeiro relato de ocorrência do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae), no continente Americano (Ilha Martinica), ocorreu em 2004 (Flechtmann & Etienne, 2004). Apesar das medidas quarentenárias tomadas, o ácaro se dispersou rapidamente pelos países caribenhos (Roda et al., 2008; Rodrigues, Ochoa, & Kane, 2007), Flórida (EUA) (Cocco & Hoy, 2009), México (NAPPO, 2009), Colômbia, Brasil (Carrillo et al, 2011; Navia et al., 2011), Venezuela (Vásquez & De Moraes, 2013) e Equador (Alcívar, Mesa, & Vásquez, 2020). *R. indica* encontra-se associado a diversas culturas de

importância econômica, como coqueiro (*Cocos nucifera* L.), banana (*Musa* spp.) e flores tropicais da família Heliconiaceae (Kane et al., 2012).

No Brasil, *R. indica* teve sua presença reportada nos estados de Roraima (Navia et al., 2011), Manaus (Rodrigues & Antony, 2011), São Paulo (Oliveira et al., 2016), Pará (Hata et al., 2017), Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e no Distrito Federal (Melo et al., 2018). A maioria dos relatos refere-se à sua ocorrência em coqueiro (Melo et al., 2018), tendo se tornado uma das principais pragas da cultura nas Américas devido aos danos ocasionados e à alta capacidade invasiva (Navia et al., 2015). As colônias de *R. indica* se desenvolvem na parte ventral das folhas e os indivíduos se alimentam nos estômatos, danificando as células do mesófilo, o que acarreta o amarelecimento gradual dos folíolos, seguido de bronzeamento e necrose foliar (Carrillo et al., 2012). Coqueiros novos, sob altas infestações, podem morrer ainda no viveiro ou no campo, acarretando uma redução de até 90% na produtividade (Navia et al., 2015).

O Brasil possui extensas áreas com condições favoráveis ao estabelecimento de populações do *R. indica*. O impacto ocasionado por esse ácaro na maioria das regiões brasileiras produtoras de coco, assim como nas áreas onde a cultura está em expansão, poderá se agravar frente ao atual cenário de mudanças climáticas. Ressalta-se que a maioria das áreas favoráveis à ocorrência de *R. india* concentra-se no nordeste brasileiro, a maior região produtora de coco do país (Navia et al., 2016).

Dessa forma, há necessidade urgente de medidas para o controle do ácaro-vermelho-das-palmeiras, o que tem sido um grande problema no Brasil. Embora existam diversos produtos químicos eficientes contra *R. indica* em vários países (Correa-Méndez et al., 2018; Rodrigues & Peña, 2012; Sánchez-Vázquez et al., 2017; Van Leeuwen et al., 2015), inclusive no Brasil (De Assis, De Moraes, & Gondim, 2013), nenhum deles encontra-se registrado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle dessa praga em cultivos neste país (Agrofit, 2020). Considera-se remota a probabilidade de se abolir o uso de produtos químicos contra ácaros fitófagos em cultivos agrícolas em produção (Van Leeuwen et al., 2015), por se tratar de um dos métodos capazes de controlar grandes surtos populacionais desses artrópodes (Fountain, Harris, & Cross, 2010). A agressividade do ataque e o difícil controle desses organismos despertaram o interesse por pesquisas que busquem por métodos e táticas que possam auxiliar nos programas de manejo.

Muitas espécies de ácaros possuem taxas de reprodução elevadas e ciclos de vida curtos (Van Leeuwen et al., 2010), o que aumenta seu potencial para o desenvolvimento de resistência aos acaricidas (Whalon, Mota-Sanchez, & Hollingworth, 2008). As

recomendações para se evitar a resistência contemplam alternância, sequenciamento, rotação e uso de misturas compostas por moléculas com diferentes mecanismos de ação (Marcic, 2012), uma vez que o uso de um único ingrediente ativo promove a aceleração da resistência (Whalon, Mota-Sanchez, & Hollingworth, 2008). Portanto, o principal desafio para o controle químico é reconhecer a eficácia biológica de acaricidas em condições locais visando à diversificação do mecanismo de mortalidade das pragas.

No presente trabalho, foram estudados os acaricidas abamectina, clorfenapir e fenpiroximato, compostos por diferentes ingredientes ativos, os quais têm causado mortalidade em adultos e imaturos. A abamectina atua no sistema nervoso dos insetos/ácaros, agindo na transmissão sináptica, inicialmente como neurotransmissor do ácido γ -aminobutírico (GABA), agonista de receptores; e o clorfenapir e fenpiroximato são acaricidas inibidores da respiração celular, comprometendo a geração de Adenosina Trifosfato (ATP) (Correa-Méndez et al., 2018; De Assis, De Moraes & Gondim, 2013; Dekeyser, 2005; Gallo et al., 2002; Sánchez-Vázquez et al., 2017). Dessa forma, este trabalho visa fomentar programas de manejo de *R. indica* na cultura do coqueiro na medida em que objetiva verificar a efetividade dos acaricidas sintéticos abamectina, clorfenapir e fenpiroximato no controle de *R. indica*.

2. Metodologia

2.1 Coleta e manutenção de *R. indica*

Os exemplares de *R. indica* foram obtidos de folíolos de coqueiro da variedade Anã Verde, naturalmente infestado, no campo experimental da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE), do Instituto Federal do Ceará – *Campus* Limoeiro do Norte, localizada na Chapada do Apodi, CE (5° 20' N e 38° 5' W). O pomar não recebe nenhuma aplicação de produtos químicos para o controle de organismos fitófagos, pressupondo-se não ter havido pressão de seleção nas populações de ácaros.

Os folíolos foram colocados em sacos de polietileno, e levados para o laboratório de Fitossanidade da mesma instituição, onde foram aclimatados por 24 horas antes da montagem do experimento, a uma temperatura (Temp.) de 27 ± 2 °C, umidade relativa (UR) de $80 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. As duas primeiras variáveis foram monitoradas por meio de um termo-higrômetro e a última com o uso de um timer temporizador. A partir desses exemplares, foram separadas as fêmeas adultas, as quais são caracterizadas por possuírem o

corpo ovalado e de maior tamanho em relação às demais formas biológicas da espécie, apresentarem manchas escuras no dorso e opistossoma arredondado (Kane et al., 2012; Sánchez-Vázquez et al., 2017). Para o experimento, foram utilizadas apenas as fêmeas mais jovens, que possuem coloração vermelho-carmim. Ressalta-se que as fêmeas foram provenientes de coletas realizadas no campo (e não de uma criação mantida em laboratório) por não haver, ainda, uma metodologia para esse fim. No entanto, realizaram-se pré-testes para se conhecer o período de sobrevivência dos exemplares nos folíolos, em condições de laboratório, constatando-se um período mínimo de dez dias, possibilitando a realização do experimento.

2.2 Preparo do substrato de alimentação para *R. indica*

No mesmo local de coleta dos espécimes de *R. indica*, foram recolhidos folíolos saudáveis de coqueiro, que foram transferidos para o laboratório, lavados em água corrente e, posteriormente, colocados em imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1% (1 minuto), imersão em água esterilizada (1 minuto) e, por fim, nova imersão em água estéril limpa (2 minutos). Em seguida, cada folíolo foi cuidadosamente examinado sob microscópio estereoscópico para certificação da ausência de eventuais sintomas de enfermidades e quaisquer organismos. Os folíolos foram cortados em porções de 3,0 x 4,0 cm, acondicionados em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm) sobre disco de papel filtro (90 mm), e mantidos sob condições ambientais já mencionadas.

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, composto pelos três acaricidas sintéticos (T1: abamectina + 0,5% siliconado; T2: clorfenapir + 0,5% siliconado; T3: fenpiroximato + 0,5% siliconado) e o controle negativo (água destilada + 0,5% siliconado), incluído para observação da mortalidade natural. O siliconado foi utilizado como espalhante adesivo para auxiliar na quebra e fixação das gotículas nos folíolos. Foram utilizadas dez repetições, cada uma delas representada por uma arena contendo cinco fêmeas adultas de *R. indica*, totalizando 50 indivíduos por tratamento.

2.4 Características dos acaricidas estudados

Os acaricidas selecionados são compostos químicos que contém, como ingredientes ativos, abamectina, clorfenapir e fenpiroximato, todos registrados na AGROFIT (2020) para uso no controle de diferentes espécies de ácaros fitófagos e comercialmente vendidos na região de estudo (Tabela 1). Os produtos foram utilizados conforme preconizado na literatura científica (Marcic, 2012; Van Leeuwen et al., 2015) e no rótulo dos produtos. Foram utilizadas as doses recomendadas pelo fabricante, que ocasionam 80% de mortalidade do ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) em mamoeiro, uma vez que todos eles são registrados para o controle desse ácaro, nessa cultura. A escolha pela dosagem recomendada para o controle do ácaro-rajado deveu-se ao fato desse tetraniquídeo pertencer à família de ácaros que acarretam o maior impacto econômico na agricultura mundial, sendo responsáveis pela utilização de cerca de 80% dos acaricidas comercializados (Gräff et al., 2017; Morais et al., 2008).

Tabela 1 – Nome comercial, ingrediente ativo, grupo toxicológico, modo de ação e dose dos acaricidas comerciais avaliados in vitro contra *Raoiella indica* em Limoeiro do Norte/CE, BR.

Nome Comercial®	Ingrediente Ativo	Grupo Toxicológico *	Modo de ação*	Doses (ml/L H ₂ O)
Abamex 18 BR	Abamectina	Grupo 6. Avermectinas, milbemycins	Ativador de canal de cloro.	0,60
Pirate	Clorfenapir	Grupo 13. Pirroles, dinitrofenóis, suluramida	Desacoplamento da fosforilação oxidativa via de interrupção do gradiente de prótons.	0,50
Ortus 50 SC	Fenpiroximato	Grupo 21A. Acaricidas e inseticidas METI	Inibidor do transporte de elétrons em o complexo mitocondrial I	1,00

*Comitê de Ação de Resistência a Inseticidas (IRAC, 2019). Dose de aplicação recomendada pelo fabricante.

Fonte: Autores (2020).

Os acaricidas foram escolhidos de modo a incluir diferentes grupos toxicológicos, com diferentes ingredientes ativos e modos de ação (Tabela 1), de forma a atender as premissas de um programa de manejo integrado de pragas. Entre tais premissas, inclui-se a rotação dos produtos químicos de modo a prevenir o surgimento de populações resistentes da praga.

2.5 Bioensaio

As fêmeas coletadas foram mantidas em arenas constituídas por folíolos (3,0 x 4,0 cm) retirados de coqueiros sadios e dispostos sobre discos de papel filtro utilizados como revestimento do fundo de placas de Petri (9,0 x 1,5 cm), conforme metodologia de De Assis (2014). As bordas dos folíolos eram envolvidas por algodão hidrófilo umedecido com água destilada, para evitar a fuga dos ácaros.

Para cada arena, foram transferidas, com auxílio de um pincel de cerdas macias (número 00), cinco fêmeas adultas de *R. indica*, as quais representaram uma repetição. A ocorrência de eventual mortalidade, devido ao processo de transferência, foi verificada a intervalos de 3 horas, durante um período de 12 horas. Procedeu-se à reposição dos espécimes mortos antes do início da aplicação dos produtos testados.

As aplicações das caldas acaricidas foram realizadas com pulverizador manual, depositando-se, em média, $1,12 \pm 0,5$ mL/cm², com os jatos direcionados para a área exposta dos folíolos, onde se encontravam as fêmeas. Os parâmetros avaliados foram: mortalidade ao longo do tempo, mortalidade acumulada e sobrevivência após 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas da aplicação, acompanhando-se a evolução da ação dos acaricidas. O tempo limite de avaliação foi determinado pelo primeiro tratamento a ocasionar 100% de mortalidade. As fêmeas foram consideradas mortas quando, após um leve toque com a extremidade de um pincel de cerdas finas (número 00), foram incapazes de se deslocar por uma distância superior ao comprimento do próprio corpo.

2.6 Análise estatística

Tendo sido atendido o teste de normalidade dos dados, a avaliação do efeito dos acaricidas ao longo do tempo e a mortalidade acumulada das fêmeas de *R. indica* foram realizadas por meio de modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição de erro quasipoisson, seguido pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram também submetidos a análise de sobrevivência (*Survival Model in Statistic*), com modelo de distribuição Log Normal, utilizando a anova para verificação da qualidade do ajuste do modelo, bem como o comportamento das curvas geradas. Todas as análises foram realizadas no *software* livre “R” estatística (R CORE TEAM, 2019).

Previamente, os valores da mortalidade natural (referentes ao controle negativo) foram corrigidos pela fórmula de Abbot, descrita a seguir, para o cálculo da eficiência de cada

acaricida (Abbott, 1925). A testemunha (água destilada + 0,5% siliconado) foi incluída exclusivamente para correção dos dados.

$$E (\%) = \frac{(\%Mo - \%Mt)}{100 - \%Mt} \times 100, \text{ onde:}$$

E (%) = eficiência dos acaricidas em porcentagem;

%Mo= Porcentagem de mortalidade observada no acaricida (controles positivos);

%Mt = Porcentagem de mortalidade observada na testemunha (controle negativo).

3. Resultados e Discussão

Foram observadas diferenças estatísticas ($p \leq 0,5$) na mortalidade de fêmeas de *R. indica* em função do acaricida aplicado, ao longo do período de 6 a 48 horas, bem como na mortalidade acumulada, entre os intervalos de 6 a 24 horas após a aplicação dos produtos. Analisando-se a mortalidade ao longo do tempo de avaliação, verificou-se que o abamectina se diferenciou dos demais após 6 horas da pulverização das caldas, quando foi constatada maior porcentagem (74,00%) de fêmeas mortas em relação aos demais produtos. O abamectina mostrou maior eficiência por agir de forma consideravelmente mais rápida no controle do ácaro. O fenpiroximato causou maior mortalidade (34,00%) após 12 horas da aplicação. O clorfenapir atuou de forma mais lenta em relação aos outros dois ingredientes ativos, alcançando maior mortalidade (38,00%) após 48 horas da aplicação (Tabela 2).

Tabela 2 - Porcentagem média (\pm EP) e eficiência (%) da mortalidade ao longo do tempo de exposição e mortalidade acumulada de fêmeas adultas de *Raoiella indica* após pulverização por acaricidas sintéticos comerciais em condições controladas de laboratório (Temp. 27 ± 1 °C, UR: $80\pm 10\%$ e fotofase de 12h).

Acaricidas	Tempo (Horas após pulverização)					
	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
	Mortalidade/hora após pulverização (%)					
Abamectina*	16,0 \pm 6,0 a**	74,0 \pm 6,6 a	6,0 \pm 4,2 b	2,0 \pm 2,0 b	0,0 \pm 0,0 ab	0,0 \pm 0,0 a
E (%)	12,50	72,92	2,08	2,00	0,00	0,00
Clorfenapir	6,0 \pm 3,0 a	26,0 \pm 7,8 b	12,0 \pm 6,0 ab	8,0 \pm 4,4 b	38,0 \pm 9,2 a	10,0 \pm 3,4 a
E (%)	2,08	22,92	8,33	8,00	38,00	10,00
Fenpiroximato	6,0 \pm 4,2 a	18,0 \pm 7,6 b	34,0 \pm 7,4 a	24,0 \pm 7,0 a	16,0 \pm 4,0 b	0,0 \pm 0,0 a
E (%)	2,08	14,58	31,25	24,00	16,00	0,00
GL	2	2	2	2	2	2
F	1,3728	10,609	4,7073	5,3477	24,771	29,663
P	0,2705	0,0004	0,01763	0,01105	0,00001	0,00001
	Mortalidade acumulada/hora após pulverização (%)					
Abamectina	16,0 \pm 6,6 a	90,0 \pm 4,4 a	96,0 \pm 2,6 a	98,0 \pm 2,0 a	98,0 \pm 2,0 a	98,0 \pm 2,0 a
E _{ac} (%)	12,50	85,42	87,50	89,50	89,50	89,50
Clorfenapir	6,0 \pm 3,0 a	32,0 \pm 8,4 b	44,0 \pm 10,2 b	52,0 \pm 9,0 b	90,0 \pm 3,4 a	100,0 \pm 0,0 a
E _{ac} (%)	2,08	25,00	33,33	41,33	79,33	89,33
Fenpiroximato	6,0 \pm 4,2 a	24,0 \pm 7,6 b	58,0 \pm 8,0 b	82,0 \pm 3,4 a	98,0 \pm 2,0 a	98,0 \pm 2,0 a
E _{ac} (%)	2,08	16,66	47,91	71,91	87,91	87,91
GL	2	2	2	2	2	2
F	1,3728	14,915	8,864	12,50	3,3052	0,4955
P	0,2705	0,00004	0,001	0,0001	0,052	0,6147

EP = Erro Padrão; E (%) = Eficiência; E_{ac} (%) = Eficiência Acumulada; GL = Grau de Liberdade; F = Valor do teste de F; P = Probabilidade; * Efeito real (dados brutos) sobre a mortalidade de fêmeas adultas de *R. indica*; ** Porcentagens médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autores (2020).

Os resultados obtidos para a mortalidade acumulada demonstraram alta eficiência do abamectina no controle de fêmeas de *R. indica* durante as primeiras 6 horas após as aplicações, sendo responsável por uma eficiência superior a 80,00 %. O fenpiroximato alcançou a eficiência do abamectina após 24 horas, e ambos se apresentaram estáveis nas avaliações seguintes. O clorfenapir igualou-se aos demais após 48 horas das pulverizações (Tabela 2).

Estes resultados se devem, principalmente, ao modo de ação dos acaricidas utilizados. O abamectina, por estimular a liberação do ácido gama aminobutírico-GABA, atua de forma mais rápida em relação aos ingredientes ativos clorfenapir e fenpiroximato, que são inibidores da respiração celular, sendo menos agressivos. Além disso, deve-se considerar a forma de ação desses ingredientes ativos, pois, o abamectina, além de agir por contato e ingestão, como o clorfenapir e fenpiroximato, ainda tem ação translaminar na planta (IRAC, 2019). Assim, a forma de alimentação dos ácaros fitófagos, que é caracterizada pela introdução dos estiletes bucais no tecido vegetal e sucção do conteúdo das células do mesofilo (De Assis, De Moraes, & Gondim, 2013), pode estar atrelada à maior rapidez da ação do abamectina, uma vez que esse produto alcança esse local de alimentação. Ochoa et al. (2011), ao estudarem o comportamento alimentar de espécies de *Raoiella* em substratos compostos por folhas de coqueiro, bananeira, helicônias e eucalipto, verificaram que todas se alimentam introduzindo os estiletes nos estômatos, entre as células-guarda. Portanto, é possível que a interação acaricida-planta-ácaro, ou seja, ação translaminar-sítio de ação-modo de alimentação de *R. indica*, tenha favorecido a exposição desse ácaro ao abamectina.

Além disso, *R. indica* mostrou uma tendência à suscetibilidade aos diferentes ingredientes ativos, potencializando o uso dos acaricidas no controle químico dessa praga. Essa susceptibilidade pode ser decorrente da procedência dos espécimes, que foram coletados em pomar que não havia recebido nenhum manejo fitossanitário e, portanto, oriundos de populações livres de pressão de seleção.

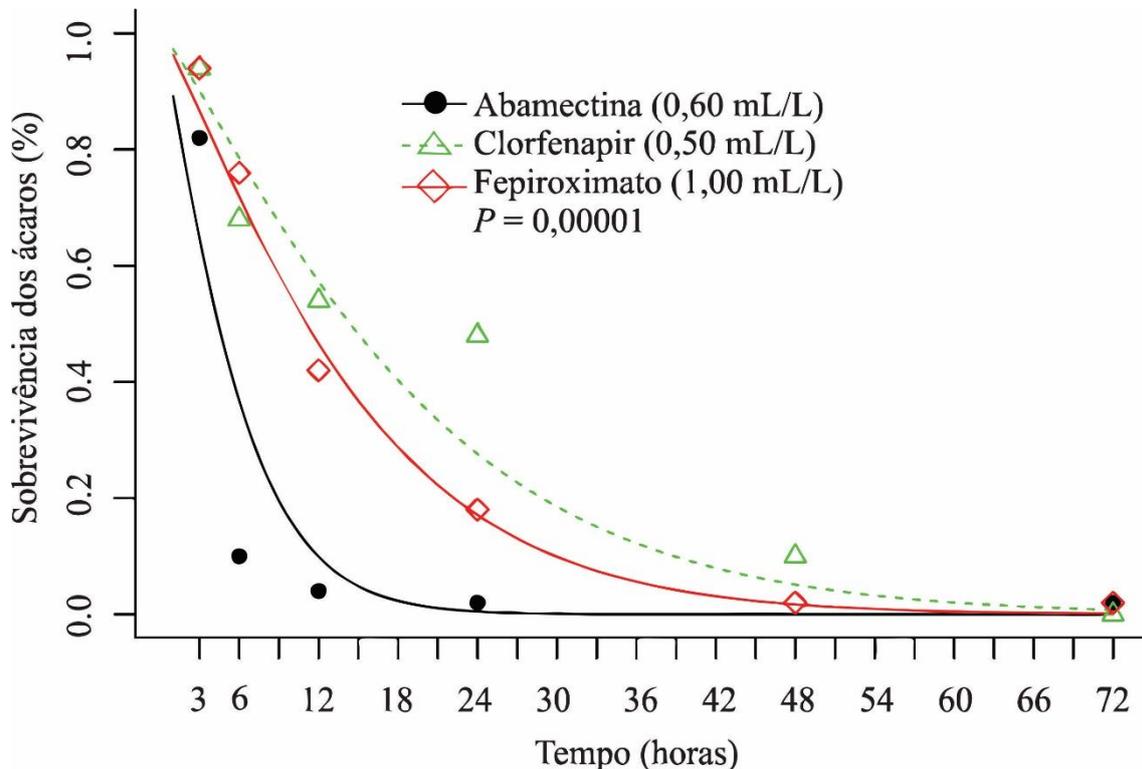
No entanto, apesar de estudos anteriores sobre esse tema serem escassos, resultados de alguns trabalhos corroboraram com os obtidos nesta pesquisa. Conforme Rodrigues e Peña (2012), os acaricidas abamectina e milbemectina também são eficazes na redução de populações de *R. indica* em plantações de coco e bananas. Os resultados deste trabalho também reiteram aqueles obtidos por De Assis, Moraes e Gondim Jr. (2013) e por Sánchez-Vázquez et al. (2017) os quais verificaram maior toxicidade do abamectina a *R. indica* em relação ao fenpiroximato. Apesar da diferença na velocidade de atuação dos acaricidas sintéticos, ao final das 72 horas de avaliação, os princípios ativos, abamectina, fenpiroximato e clorfenapir, foram responsáveis pelo mesmo percentual de mortalidade ocasionada às fêmeas de *R. indica*. Correa-Méndez et al. (2018) também constataram similaridade na eficiência de controle desse ácaro, onde os acaricidas fenpiroximato, clorfenapir e milbemectina reduziram mais de 95% da população de fêmeas adultas.

Trabalhos com os mesmos ingredientes ativos também se mostraram eficientes contra outras espécies de ácaros fitófagos. Para *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst, 1924)

(Acari: Tetranychidae), a abamectina ocasionou um controle de até 93,90% (Marsaro Júnior et al., 2012). Filho, Oliveira e Matos (2013) constataram que o fenpropatrina, clorfenapir, diafentiurom e abamectina causaram mortalidade superior a 89% em fêmeas adultas de *T. urticae*. Fernandes, Oliveira e Ferreira (2015) verificaram a eficiência do abamectina no controle de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae), sendo que, em um intervalo de 24 horas após a aplicação, o produto ocasionou 71,40% de mortalidade.

A velocidade da ação dos acaricidas pode ser observada no resultado da análise de sobrevivência dos ácaros, onde se verificou que houve diferença estatística entre eles ($P = 0,00001$). O abamectina apresentou maior velocidade de ação sobre os ácaros, reiterando os resultados obtidos nas análises de mortalidade quanto ao seu potencial para o controle da praga (Figura 1). Seguiram-se o fenpiroximato e, posteriormente, o clorfenapir, como o produto com ação tóxica mais lenta contra as fêmeas adultas de *R. indica*, aceitando-se, portanto, o modelo completo da distribuição log normal. Esses resultados somam-se àqueles já obtidos em outros trabalhos, na medida em que confirmam possíveis implicações da interação acaricidas-planta-ácaro sobre a eficiência de produtos químicos. Assim, o sítio e modo de ação (acaricidas), estrutura e composição da folha (plantas) e forma de alimentação dos ácaros podem afetar o grau de contaminação e taxa de mortalidade de ácaros e, em consequência, a eficiência das aplicações de acaricidas.

Figura 1. Sobrevivência das fêmeas adultas de *Raoiella indica* ao longo do período de exposição aos acaricidas in vitro.



Fonte: Autores (2020).

A grande velocidade de ação do abamectina também foi constatada por Fuzita et al. (2014) que, analisando seu efeito na mortalidade e crescimento populacional do ácaro fitófago *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) e do ácaro predador *Agistemus brasiliensis* (Acari: Stigmaeidae), verificaram mortalidade de 100% em fêmeas adultas de ambas as espécies, com efeito drástico no crescimento populacional dos ácaros. Barroso (2019), estudando a eficiência do fenpiroximato no controle de fêmeas adultas de *R. indica*, constatou baixa sobrevivência já nas duas primeiras horas após a aplicação e uma mortalidade de 90,00 % após 24 horas, que atingiu 100,00 % em 48 horas após a exposição ao acaricida.

Efeitos semelhantes em relação ao abamectina e fenpiroximato foram observados por Sato et al. (2009) ao estudarem a resistência de *T. urticae* a esses princípios ativos. Os autores verificaram que a suscetibilidade das populações de ácaro rajado a abamectina e fenpiroximato mostrou-se bastante variável, com frequências de resistência entre zero e 94,5%, ou seja, uma sobrevivência de 0,00 % a 94,50 % fêmeas adultas após 48 horas da aplicação. Conforme os autores, esses resultados indicam a resistência da espécie e, conseqüentemente, maiores dificuldades no uso do controle químico dessa população de ácaros com o uso desses princípios ativos. A divergência entre os resultados desses autores e

os obtidos no presente trabalho, no que se refere à porcentagem de sobrevivência das fêmeas adultas de *R. indica*, após 72 horas da aplicação das caldas (0,00 % para clorfenapir e 2,00% para abamectina e fenpiroximato) pode ser decorrente da isenção de pressão de seleção sobre a população estudada, devido à não aplicação de produtos químicos no pomar de coqueiro.

O controle químico de ácaros fitófagos é problemático por apresentarem alto potencial para desenvolvimento de resistência aos acaricidas (Whalon, Mota-Sanchez, & Hollingworth, 2008). *R. indica*, em particular, tem um ciclo de desenvolvimento curto, alta fertilidade e pode se reproduzir sexuada e assexuadamente por partenogênese arrenótoca (Reyes & Ramos, 2010). De acordo com Sawicki e Denholm (1987), o gerenciamento de resistência a pesticidas envolve um conjunto de estratégias com a premissa básica de preservar a suscetibilidade a esses produtos. Assim, o uso racional e a restrição de aplicações visam impedir a seleção indivíduos resistentes e, portanto, prolongar o prazo de validade dos produtos. Embora os resultados de um experimento em laboratório não possam ser utilizados para determinação da dose a ser aplicada no campo, por não considerar perdas com deriva, fotodecomposição, termorregulação e fuga do artrópode, por exemplo (Lagunes-Tejeda, Rodríguez-Maciel, & Loera-Barocio, 2009), a toxicidade dos acaricidas pode ser comparada para os mesmos organismos estudados (De Assis, De Moraes, & Gondim, 2013).

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, abamectina, fenpiroximato e clorfenapir podem ser utilizados no controle de *R. indica* em coqueiro. Esses resultados assumem relevância por envolver acaricidas de diferentes grupos químicos, os quais poderão ser usados alternativamente no controle de *R. indica* de forma a reduzir a probabilidade de resistência dessa espécie. Ressalta-se que o abamectina e o fenpiroximato já estão registrados para cultura do coqueiro e poderão ser estudados para outros cultivos susceptíveis ao ataque da praga, fomentando os programas de Manejo Integrado. Também é importante salientar que os resultados da presente pesquisa poderão alicerçar novos estudos visando ao controle de *R. indica*, tais como testes com novas doses, outros inseticidas/acaricidas, avaliação dos efeitos sobre diferentes estágios de desenvolvimentos e populações do ácaro, bem como trabalhos em campo. Os resultados obtidos poderão, ainda, servir como um alerta para as empresas detentoras dessas moléculas trabalharem para a possível expansão de registro desses produtos para uso no controle de *R. indica* na cultura do coqueiro.

4. Conclusões

- Os acaricidas abamectina, fenpiroximato e clorfenapir têm efeitos letais para *R. indica*.

- O abamectina tem efeito mais rápido sobre as fêmeas adultas de *R. indica*.

Agradecimentos

Instituto Federal do Ceará (IFCE), Fruta Cor; Técnico Agrícola Thiago Silveira, Núcleo de Estudo de Manejo Agrossustentável (NEMA), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

Abbott, W. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265–266.

Agrofit. (2020). *Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento -Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. 2003. Recuperado de http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.*

Alcívar, J., Mesa, N. C., & Vásquez, C. (2020). First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Province of Manabí, Ecuador. *International Journal of Acarology*, 46(2), 120–122. <https://doi.org/10.1080/01647954.2020.1719195>

Barroso, G. (2019). *Bioecologia e manejo do ácaro-vermelho-das-palmeiras, Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae), no centro-sul do Brasil*. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.”

Carrillo, D., Amalin, D., Hosein, F., Roda, A., Duncan, R. E., & Peña, J. E. (2012). Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Experimental and Applied Acarology*, 57(3–4), 271–289. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9487-8>

Carrillo, D., Navia, D., Ferragut, F., & Peña, J. E. (2011). First Report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. *Florida Entomologist*, 94(2), 370–371. <https://doi.org/10.1653/024.094.0241>

Cocco, A., & Hoy, M. A. (2009). Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in Quarantine. *Florida Entomologist*, 92(2), 276–291. <https://doi.org/10.1653/024.092.0212>

Correa-Méndez, A., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., De la Cruz-Lázaro, E., Márquez-Quiroz, C., & Salinas-Hernández, R. M. (2018). Control químico del ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 319. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1340>

De Assis, C. P. O., De Moraes, E. G. F., & Gondim, M. G. C. (2013). Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 60(3), 357–365. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9647-5>

De Assis, C. P. O. (2014). *Toxicidade de acaricidas a ácaros fitófagos (Acari: Prostigmata) e predadores da família Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata)*. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Dekeyser, M. A. (2005). Acaricide mode of action. *Pest Management Science*, 61(2), 103–110. <https://doi.org/10.1002/ps.994>

Fernandes, A. P., Oliveira, C. A. L. de, & Ferreira, M. D. C. (2015). Eficiência de acaricidas sobre populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) de citros e cafeeiro. *Brazilian Journal of Agriculture - Revista de Agricultura*, 83(1), 47. <https://doi.org/10.37856/bja.v83i1.257>

Filho, A., Oliveira, J., & Matos, C. (2013). Eficiência residual de acaricidas sintéticos e produtos naturais para *Tetranychus urticae* Koch, em algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(4), 583–588.

Flechtmann, C. H. W., & Etienne, J. (2004). The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Systematic and Applied Acarology*, 9, 109. <https://doi.org/10.11158/saa.9.1.16>

- Fountain, M. T., Harris, A. L., & Cross, J. V. (2010). The use of surfactants to enhance acaricide control of *Phytonemus pallidus* (Acari: Tarsonemidae) in strawberry. *Crop Protection*, 29(11), 1286–1292. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.06.016>
- Fuzita, A., Sato, M., Silva, M., Nicastro, R., & Mendonça, M. (2014). Comparação da sensibilidade do ácaro-praga *Brevipalpus phoenicis* e do predador *Agistemus brasiliensis* a agroquímicos. *Coffee Science*, 9(1), 102–109.
- Gallo, D., Nakano, O., Neto, S. S., Carvalho, R. P. L., Batista, G. C., Filho, E. B., ... Omoto, C. (2002). *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ.
- Gräff, C., Johann, L., Souza, C., & Ferla, N. (2017). Patogenicidade de *Isaria fumosorosea* sobre o ácaro vermelho europeu em laboratório. *Biotemas*, 30(1), 73–78.
- Hata, F. T., Silva, J. E. P., Ventura, M. U., Pasini, A., & Roggia, S. (2017). First report of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpidae) in Southern Brazil. *Neotropical Entomology*, 46(3), 356–359. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0468-9>
- IRAC. (2019). *Comitê De Ação À Resistência A Inseticidas. Classificação do Modo de Ação de Inseticidas. Recuperado de <https://www.irac-br.org/>*.
- Kane, E. C., Ochoa, R., Mathurin, G., Erbe, E. F., & Beard, J. J. (2012). *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. *Experimental and Applied Acarology*, 57(3–4), 215–225. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9541-1>
- Lagunes-Tejeda, A., Rodríguez-Maciel, J., & Loera-Barocio, J. (2009). Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. *Agrociencia*, 43(2), 173–196.
- Marcic, D. (2012). Acaricides in modern management of plant-feeding mites. *Journal of Pest Science*, 85(4), 395–408.
- Marsaro Júnior, A., Sato, M. E., De Aguiar, R., Vieira, G., Da Silva Júnior, R., & Mineiro, J. (2012). Efeito de acaricidas sobre *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst)(Acari: Tetranychidae) e ácaros predadores em citros no Estado de Roraima, Brasil. *Arquivos Do*

Instituto Biológico, 79(1), 75–83.

Melo, J. W. S., Navia, D., Mendes, J. A., Filgueiras, R. M. C., Teodoro, A. V, Ferreira, J. M. S., & The, C. A. D. (2018). The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *International Journal of Acarology*, 44(4–5), 1–4. <https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1474945>

Morais, P., Morandi, M., Pereira, R., & Costa, L. (2008). Controle biológico do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1936) (Acari: Tetranychidae) em morangueiro em cultivo protegido. *Embrapa Meio Ambiente*, 1–8.

NAPPO. (2009). *Organization's North American Plant Protection. Phytosanitary Alert System. Detection of the red palm mite (Raoiella indica) in Cancun and Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico. Recuperado de <http://www.pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=406>.*

Navia, D., Morais, E., Mendonça, R., & Gondim Júnior, M. (2015). Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In *Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros* (Ed, pp. 418–452). Piracicaba: ESALQ.

Navia, D, Marsaro Jr, A., Silva, F. da, Gondim Jr, M., & Moraes, G. de. (2011). First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. *Neotropical Entomology*, 40(3), 409–411. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000300018>

Navia, D., Hamada, E., Gondim Jr., M. G. C., & Benito, N. P. (2016). Spatial forecasting of red palm mite in Brazil under current and future climate change scenarios. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5), 586–598. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500020>

Ochoa, R., Beard, J., Bauchan, G., Kane, E., Dowling, A., & Erbe, E. (2011). Herbivore exploits chink in armor of host. *American Entomologist*, 57(1), 26–29. <https://doi.org/10.1093/ae/57.1.26>

Oliveira, D. C., Prado, E. P., Moraes, G. J. de, Morais, E. G. F. de, Chagas, E. A., Gondim,

M. G. C., & Navia, D. (2016). First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Southeastern Brazil. *Florida Entomologist*, 99(1), 123–125. <https://doi.org/10.1653/024.099.0124>

R Core Team. (2020). *The Comprehensive R Archive Network (Version 4.0.2)*. Recuperado de <https://brieger.esalq.usp.br/CRAN/>

Reyes, A. I. G., & Ramos, M. (2010). Desarrollo y reproducción de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en laboratorio. *Revista de Proteção Vegetal*, 25(1), 7–10.

Roda, A., Dowling, A., Welbourn, C., Peña, J., Rodrigues, J., Hoy, M., & De Chi, W. (2008). Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society*, 44(1), 80–87.

Rodrigues, J. C. V., & Peña, J. E. (2012). Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Experimental and Applied Acarology*, 57(3–4), 317–329. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9493-x>

Rodrigues, J. C. V., Ochoa, R., & Kane, E. C. (2007). First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. *International Journal of Acarology*, 33(1), 3–5. <https://doi.org/10.1080/01647950708684493>

Rodrigues, J. C. V., & Antony, L. M. K. (2011). First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas state, Brazil. *Florida Entomologist*, 94(4), 1073–1074. <https://doi.org/10.1653/024.094.0452>

Sánchez-Vázquez, E. P., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., Hernández-García, V., Márquez-Quiroz, C., & Cruz-Lázaro, E. D. la. (2017). Toxicidad de acaricidas para el ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Agrociencia*, 51(1), 81–90. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100081

Sato, M., Silva, M., Da Silva, R., De Souza Filho, M., & Raga, A. (2009). Monitoramento da resistencia de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a abamectin e fenpyroximate

em diversas culturas do estado de São Paulo. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 76(2), 217–223.

Sawicki, R. M., & Denholm, I. (1987). Management of resistance to pesticides in cotton pests. *Tropical Pest Management*, 33(4), 262–272. <https://doi.org/10.1080/09670878709371167>

Van Leeuwen, T., Tirry, L., Yamamoto, A., Nauen, R., & Dermauw, W. (2015). The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.12.009>

Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W., & Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important acari: a review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40(8), 563–572. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.05.008>

Vásquez, C., & De Moraes, G. J. (2013). Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela. *Experimental and Applied Acarology*, 60(1), 73–82. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9623-0>

Whalon, M. E., Mota-Sanchez, D., & Hollingworth, R. M. (2008). Analysis of global pesticide resistance in arthropods. In *Global pesticide resistance in arthropods*. 31. Wallingford: United Kingdom: CABI.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Jailma Rodrigues dos Santos – 30%

Lucivânio Domingos da Silva – 12.5%

Kalline Silveira Carneiro – 12.5%

Maurício Sekiguchi de Godoy – 15%

José Wagner da Silva Melo – 15%

Brígida Souza – 15%