



Efeito letal de extratos de piperáceas ao ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)

Lethal effect of piperaceous extracts on palm red mite, Raoiella indica (Acari: Tenuipalpidae)

Esmael Cunha Pinheiro¹; Geraldo José Nascimento de Vasconcelos²

¹Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Itacoatiara, Amazonas; +5592991226199; esmael.cunha@gmail.com. ²Doutor em Entomologia; Professor da Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Itacoatiara, Amazonas; gjvasconcelos@yahoo.com.br.

ARTIGO

Recebido: 21/01/2020
Aprovado: 26/06/2020

Palavras-chave:

Controle alternativo
Acaricidas botânicos
Metabólitos secundários
Agricultura orgânica

Key words:

Alternative control
Botanical acaricides
Secondary metabolites
Organic farming

RESUMO

Desde a introdução do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica*, no Brasil, diversos métodos de controle têm sido estudados para supressão desta praga, a exemplo dos métodos de controle quarentenários, químicos, biológicos e com extratos vegetais. O presente estudo objetivou avaliar o potencial letal de extratos aquosos de folha de *Piper aduncum*, *P. callosum*, *P. hostmannianum*, *P. marginatum* e *P. peltatum* sobre *R. indica*. Foi avaliada a ação residual de contato dos extratos, aplicados por imersão, nas concentrações de 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30%, sendo a ação avaliada em três períodos de exposição, 24, 48 e 72 h. A partir dos dados de mortalidade nas diferentes concentrações e em cada período de exposição foram determinadas as mortalidades corrigidas e as concentrações letais (CL_{25%} e CL_{50%}) dos extratos das piperáceas para a população de *R. indica*. Apenas os extratos de *P. aduncum*, a 5% após 24 h de exposição, e *P. callosum*, nesta mesma concentração em todos os tempos de exposição, não apresentaram mortalidade corrigida diferente do controle. As CL_{25%} variaram de 0,99 a 13,02%, 1,29 a 7,89% e 1,82 a 7,69%, respectivamente, para os períodos de exposição de 24, 48 e 72 h. Já as CL_{50%}, respectivamente para os mesmos períodos, variaram de 2,27 a 21,29%, 2,33 a 13,26% e 2,84 a 10,94%. Os extratos aquosos de folha das cinco espécies de piperáceas apresentaram efeito toxicológico sobre a população de *R. indica*.

ABSTRACT

Since the introduction of the red palm mite, *Raoiella indica*, in Brazil, some control methods have been studied to suppress this pest, such as the quarantine, chemical, biological and plant extract control. This study aimed to evaluate the lethal potential of aqueous extracts of *Piper aduncum*, *P. callosum*, *P. hostmannianum*, *P. marginatum* and *P. peltatum* against *R. indica*. The residual contact action of the extracts applied by immersion at concentrations of 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30% was evaluated, and the action evaluated at three exposure periods, 24, 48 and 72 h. From the mortality data at the different concentrations and at each exposure period, corrected mortalities and lethal concentrations (LC_{25%} and LC_{50%}) of the piperaceous extracts for the *R. indica* population were determined. Only the extracts of *P. aduncum*, at 5% after 24 h of exposure, and *P. callosum*, in this same concentration at all times of exposure, did not present corrected mortality different from the control. The LC_{25%} ranged from 0.99 to 13.02%, 1.29 to 7.89% and 1.82 to 7.69%, respectively, for the 24, 48 and 72 h exposure periods. Already the LC_{50%}, respectively for the same exposure periods, ranged from 2.27 to 21.29%, 2.33 to 13.26% and 2.84 to 10.94%. The aqueous leaf extracts of the five species of piperaceous showed toxicological effect the *R. indica* population.

INTRODUÇÃO

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae), pode se reproduzir em mais de 90 espécies de plantas das famílias Arecaceae, Musaceae,

Heliconiaceae, Strelitziaceae, Zingiberaceae e Pandanaceae (CARRILLO et al., 2012). Atualmente este ácaro é encontrado em toda a região neotropical, onde causa danos principalmente em coqueiro e bananeira (TEODORO et al., 2016). Esse ácaro foi introduzido no Brasil, através da região Norte em 2009, e



atualmente, está disseminada em vários Estados (NAVIA et al., 2011; BRASIL, 2013; 2018).

Dado a importância de *R. indica* como praga, são importantes os estudos que visem avaliar a eficiência de métodos de controle sobre este organismo. Neste sentido, alguns trabalhos têm avaliado a eficiência de métodos de controle químico, biológico e alternativo. Entre os trabalhos relacionados ao controle alternativo, o uso de extratos e óleos essenciais tem sido avaliados, com alguns resultados promissores (PINO et al., 2011; ALEXANDER; KHAN, 2013; CASTILLO-SÁNCHEZ et al., 2018; SOUSA et al., 2018; COELHO et al., 2019; SANTOS et al., 2019).

Algumas plantas, como diversas espécies de Piperaceae possuem muitas substâncias fitoquímicas com atividade promissora sobre artrópodes (ARNASON et al., 2002). A maioria dessas substâncias tem origem no metabolismo secundário das plantas, podendo ter vários modos de ação, incluindo contato, deterrência alimentar, repelência, retardo no crescimento, esterilização e sinergismo (SCOTT et al., 2002; 2003; 2004; 2005; JENSEN et al., 2006; LIMA et al., 2013; HIKAL et al., 2017). Estes metabolitos secundários, podem não causar efeito acaricida com mortalidade imediata, porém, sua eficiência a longo prazo pode ser observada através de alterações no funcionamento normal de funções bioquímicas e fisiológicas do organismo alvo (PRAKASH; RAO, 1997).

Entre as espécies de piperáceas que apresentam possibilidades de uso no controle de pragas, as mais estudadas pertencem ao gênero *Piper* L, o qual agrupa espécies que também tem potencial de uso na culinária, medicina, cosmético entre outros (FAZOLIN et al., 2014). No Amazonas, são encontradas várias espécies desse gênero, e algumas destas já estão sendo estudadas para o controle de artrópodes pragas (SRIVASTAVA et al., 2001; SILVA et al., 2009; PINO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2012; FAZOLIN et al., 2014; SALEHI et al., 2019).

Devido a riqueza de espécies de piperáceas no Amazonas e ao potencial destas para o controle de alguns artrópodes

indesejados, bem como o problema causado por *R. indica* na região, objetivou-se avaliar o efeito letal de extratos aquosos de cinco espécies de Piperaceae sobre *R. indica*.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido entre março de 2015 a abril de 2016, em laboratório e área experimental do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas (ICET-UFAM).

Criação dos ácaros

A criação de *R. indica* foi iniciada com a adição de folíolos infestados com a praga e livre de predadores. A criação foi inicialmente composta por cerca de 10.000 indivíduos em diferentes estágios de desenvolvimento. Para a transferência dos ácaros, os folíolos infestados, foram fixados sobre mudas de coqueiro anão, com auxílio de um grampo (tipo clips). Para evitar contaminação por predadores nas criações, as mudas foram cobertas uma camada de cola entomológica, a partir de 2 cm acima da região do colo. Alguns exemplares adultos de *R. indica* foram aleatoriamente coletados na criação e montados para confirmação da espécie, tendo como base a descrição apresentada em Jeppson et al. (1975).

Coletas de Piperaceae

As coletas foram realizadas no perímetro urbano, bordas de matas e margens de estradas, no município de Itacoatiara, Amazonas (Autorizado pelo MMA-ICMBio-SISBIO N° 41297-4). Cada piperácea encontrada foi fotografada (Figura 1), georreferenciada (Tabela 1) e coletada. Amostras de cada espécie, em cada ponto de coleta, foram acondicionadas em saco plástico de 10 L, devidamente identificado. Por ocasião de cada coleta, foram preparadas exsiccatas das plantas amostradas para confirmação das espécies no Herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

Figura 1. Espécies de piperáceas coletadas para preparação dos extratos avaliados. A - *Piper aduncum*. B - *P. callosum*. C - *P. hostmannianum*. D - *P. marginatum*. E - *P. peltatum*.

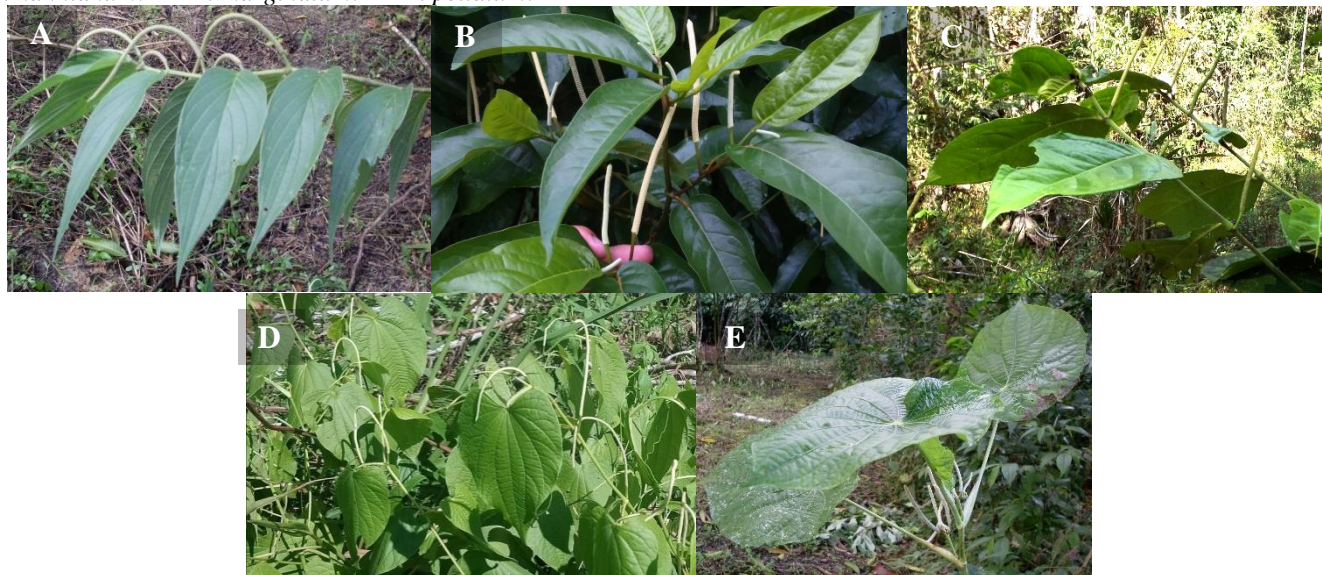


Tabela 1. Espécies de piperáceas coletadas, com respectivos locais e datas de coleta e georreferenciamento.

Espécie	Local	Data	Coordenadas	
			Latitude	Longitude
<i>Piper aduncum</i>	AM-010	27/03/2015	-3,061667	58,733611
<i>P. callosum</i>	Área urbana de Itacoatiara-AM	30/03/2015	-3,143333	58,430556
<i>P. hostmannianum</i>	Área de mata ao lado da AM-363	27/03/2015	-2,987500	58,421100
<i>P. marginatum</i>	Estrada vicinal saindo da AM-010	27/03/2015	-3,038611	58,342000
<i>P. peltatum</i>	AM-010	29/02/2016	-2,736944	59,533400

Formulação dos extratos

O material coletado de cada espécie foi seco em estufa de circulação forçada de ar (a 40 °C por 48 h). Após a secagem o material foi processado em moinho de facas (SOLAB SL-31[®]) para obtenção do pó vegetal para preparação dos extratos. Estes foram acondicionados em recipientes de vidros com tampa hermética, revestidos de papel alumínio e armazenados em armário no laboratório, com temperatura de 28,7±1,2 °C, durante o período de realização do estudo, para utilização nos bioensaios.

Para obtenção dos extratos, cada pó foi misturado à água destilada na proporção de 3 g para 10 mL e mantidos em frascos fechados durante 24 h. Em seguida, cada suspensão foi filtrada em papel filtro com microfuros, obtendo-se o extrato aquoso na concentração de 30% (m v⁻¹). Por diluição foram obtidos os extratos nas concentrações de 5, 10, 15, 20 e 25%.

Bioensaios

Para cada concentração estabelecida, tiras de folíolos de coqueiro com 2,5 cm de comprimento, sem a nervura principal e isenta de ácaros, foram totalmente imersas em cada concentração de cada extrato por 30 segundos. Tiras de folíolos foram imersas em água destilada para simular o controle, da mesma forma descrita anteriormente. Após serem tratadas, as tiras de folíolos foram postas sobre a bancada do laboratório, por cerca de 30 min, para secagem do extrato na superfície do folíolo. Em seguida, os folíolos foram dispostos, com a superfície abaxial voltada para cima, sobre papel filtro (3,5 cm de diâmetro) sobreposto a algodão hidrófilo umedecido, dentro de uma placa de acrílico (3,6 cm de diâmetro). As bordas dos folíolos foram circundadas por algodão hidrófilo umedecido, para evitar a fuga dos ácaros. Cada uma dessas montagens caracterizou uma unidade experimental.

Posteriormente, 10 fêmeas adultas de *R.indica* foram transferidas da criação para cada uma das unidades experimentais, com auxílio de um pincel de cerdas finas. Em cada tratamento foram utilizadas 10 unidades experimentais (repetições). As avaliações foram realizadas, com auxílio de um estereomicroscópio, a cada 24 h por três dias consecutivos, fazendo o registro do número de fêmeas sobreviventes em cada unidade. Para determinar o efeito residual de contato, foram considerados somente os testes em que a mortalidade no controle foi inferior a 20% (BAKKER et al., 1992). Durante o período de realização do estudo, a média e desvio padrão da temperatura e umidade relativa do ar foram de 28,7±1,2 °C e 64,0±11,1%, respectivamente.

Análise dos dados

Os testes com cada espécie de piperácea foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com três tempos de

exposição, sete tratamentos, e dez repetições por tratamento. Para cada concentração, de cada extrato em cada período de exposição (tempo de avaliação) foi determinada a mortalidade corrigida em função da mortalidade natural da população (estabelecida através do tratamento controle). O valor da mortalidade corrigida para cada tratamento foi determinado segundo Abbott (1925). Os dados de mortalidade corrigida foram submetidos ao teste de normalidade e homocedasticidade. Em seguida os dados foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Dunnett, sendo considerado o controle como tratamento padrão.

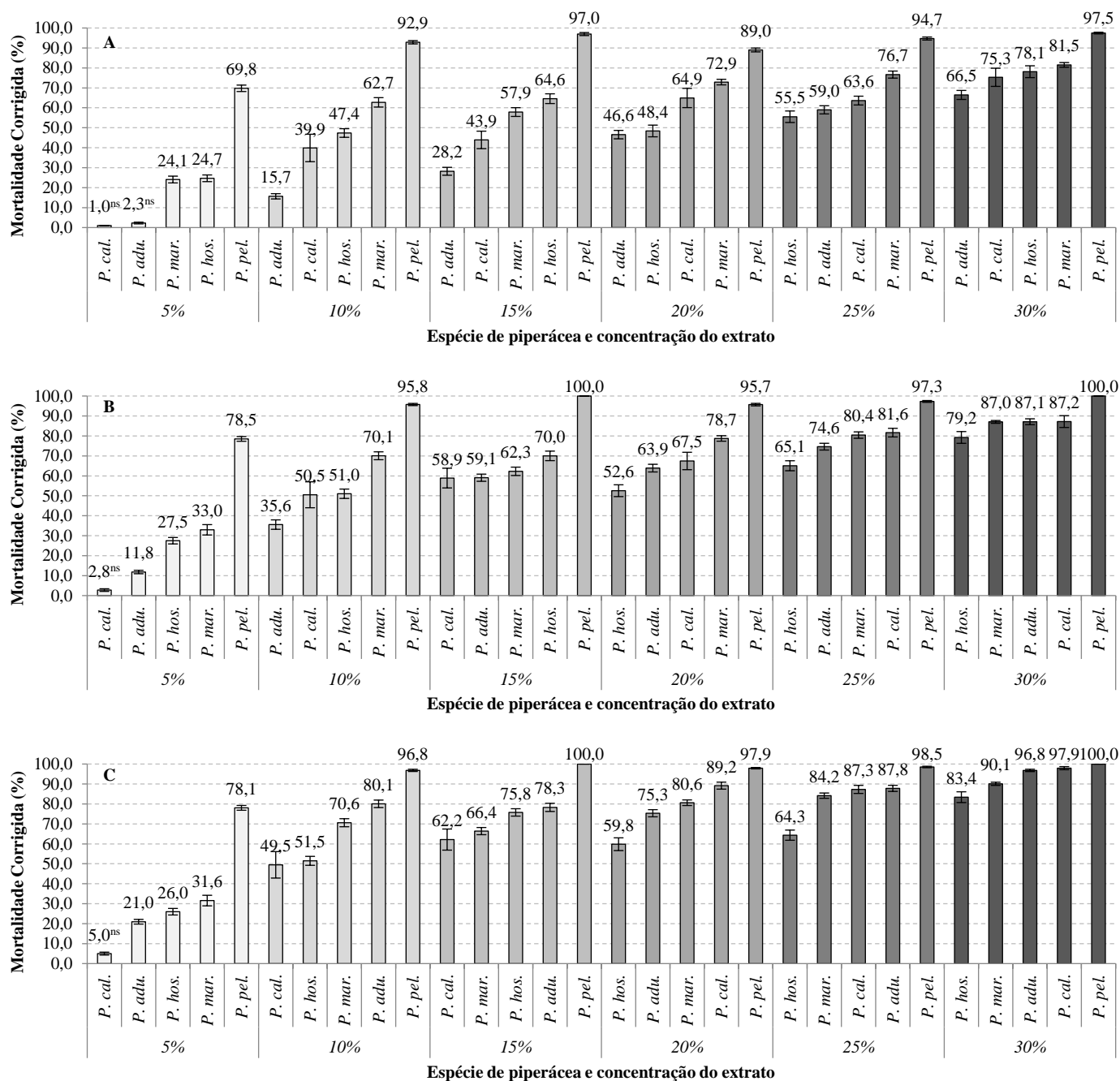
A partir dos dados de mortalidade, nas diferentes concentrações e em cada tempo de avaliação, foram determinadas as concentrações letais (CL_{25%} e CL_{50%}) dos extratos das piperáceas para a população de *R. indica* em estudo. O valor médio das CLs e seus respectivos intervalos de confiança (IC_{95%}) foram determinados através do método de análise de Probit (FINNEY, 1971), obtendo também as inclinações das linhas de resposta (β) e seus respectivos erros padrões, valores de t e probabilidades de significância. O valor da CL de cada piperácea foi comparado entre as diferentes espécies no mesmo período de exposição e para a mesma espécie em diferentes períodos de exposição. Essas comparações foram realizadas através do IC_{95%} para a diferença entre duas médias (MIAO; CHIOU, 2008), sendo consideradas diferentes quando o valor zero, que indicaria igualdade entre as duas médias, não ficou incluso no IC_{95%} para a diferença entre as médias (TAN; TAN, 2010).

Para todos os testes foi adotado um nível de significância de 5% ($p = 0,05$). As análises foram realizadas com auxílio do Software R (versão 3.3.1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das mortalidades corrigidas, nas primeiras 24 h de exposição, observou-se que apenas os extratos a 5% de *P. aduncum* e *P. callosum* não apresentaram mortalidade superior ao controle (Grau de Liberdade (GL) = 30; 279, Valor de F (F) = 641,64, Probabilidade de Significância (p) < 2,2.10⁻¹⁶ e Coeficiente de Variação (CV) = 6,31%). Para este período, dentre os extratos que diferiram do controle, a mortalidade corrigida variou de 15,7 a 97,5% (Figura 2A). Com 48 h de exposição, apenas a mortalidade no extrato a 5% de *P. callosum* não diferiu do controle (GL = 30; 279, F = 683,92, p < 2,2.10⁻¹⁶ e CV = 5,17%), tendo variado nos demais extratos de 11,8 a 100,0% (Figura 2B). Após 72 h de exposição, a mortalidade no extrato a 5% de *P. callosum* continuou não diferindo do controle (GL = 30; 279, F = 832,98, p < 2,2.10⁻¹⁶ e CV = 4,37%), para os demais extratos, a variação na mortalidade foi de 21,0 a 100,0% (Figura 2C).

Figura 2. Média da mortalidade corrigida (\pm Intervalo de Confiança a 95%) para fêmeas de *R. indica* expostas a tratamentos com extratos de *P. aduncum* (*P. adu.*), *P. callosum* (*P. cal.*), *P. hostmannianum* (*P. hos.*), *P. marginatum* (*P. mar.*) e *P. peltatum* (*P. pel.*) a diferentes concentrações (médias apresentadas na ordem crescente em cada concentração). A – Após 24 h de exposição. B – Após 48 h de exposição. C – Após 72 h de exposição. ^{ns}Não significativo, não difere do controle pelo teste do Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.



A mortalidade corrigida representa a mortalidade efetivamente causada pelos extratos, com a eliminação da mortalidade natural, inerente a qualquer população (ABBOTT, 1925). A partir da mortalidade corrigida, é possível estabelecer que todas as piperáceas apresentam toxicidade sobre *R. indica*, no mínimo na concentração de 10%.

Com base nas inclinações das linhas de respostas e nas concentrações letais, novamente se constata, que todas as piperáceas apresentaram toxicidade sobre *R. indica*, com os ácaros respondendo a doses crescentes dos extratos com o aumento em sua mortalidade (Tabela 2). As inclinações das linhas de respostas obtidas para os extratos de *P. peltatum*, *P. aduncum*, *P. callosum*, *P. hostmannianum* e *P. marginatum*, nos

três tempos de exposição, foram todas significativas ($p \leq 1,1.10^{-02}$), as quais variaram de 0,82 a 3,06. Todas as CLs estimadas, e seus respectivos IC_{95%}, ficaram dentro do intervalo das doses estudadas ($0\% \leq \text{dose} \leq 30\%$). As CLs variaram de 0,99 a 13,02% e 2,27 a 21,29%, para CL_{25%} e CL_{50%}, respectivamente.

Tabela 2. Inclinação da linha de resposta (β) e erro padrão, concentração letal média (CL) para 25 e 50% da população e respectivos intervalos de confiança (IC), inferior (Inf.) e superior (Sup.), a 95% para diferentes tempos de exposição de *R. indica* a diferentes extratos de piperáceas.

Espécie - exposição	gl ¹	n ²	β	t ³	p ⁴	CL _{25%}	IC _{95%} Inf.	IC _{95%} Sup.	CL _{50%}	IC _{95%} Inf.	IC _{95%} Sup.
<i>Piper peltatum</i> - 24 h	6	70	0,82±0,32	2,54	1,1.10 ⁻⁰²	0,99a ⁵ A ⁶	0,39	2,51	2,27a ⁵ A ⁶	1,20	4,27
<i>P. margintum</i> - 24 h	6	70	2,28±0,09	26,47	<2,2.10 ⁻¹⁶	4,29bA	3,10	5,93	9,82bA	8,29	11,62
<i>P. hostmannianum</i> - 24 h	6	70	2,58±0,09	27,70	<2,2.10 ⁻¹⁶	5,50cA	3,75	8,06	13,15cA	10,96	15,78
<i>P. callosum</i> - 24 h	6	35	2,78±0,06	50,50	<2,2.10 ⁻¹⁶	9,59dA	8,04	11,44	16,16dA	14,50	18,00
<i>P. aduncum</i> - 24 h	6	70	3,06±0,05	64,68	<2,2.10 ⁻¹⁶	13,02eA	11,54	14,70	21,29eA	19,40	23,35
<i>P. peltatum</i> - 48 h	6	70	0,85±0,28	3,04	2,4.10 ⁻⁰³	1,29aAB	0,60	2,76	2,33aA	1,35	4,02
<i>P. margintum</i> - 48 h	6	70	2,03±0,11	18,90	<2,2.10 ⁻¹⁶	3,20bB	2,16	4,75	7,62bB	6,17	9,41
<i>P. hostmannianum</i> - 48 h	6	70	2,42±0,10	23,52	<2,2.10 ⁻¹⁶	4,70cA	3,10	7,13	11,27cB	9,21	13,79
<i>P. callosum</i> - 48 h	6	35	2,53±0,06	43,74	<2,2.10 ⁻¹⁶	7,89dB	6,61	9,41	12,57dB	11,22	14,07
<i>P. aduncum</i> - 48 h	6	70	2,58±0,05	47,36	<2,2.10 ⁻¹⁶	7,53dB	6,33	8,97	13,26dB	11,91	14,75
<i>P. peltatum</i> - 72 h	6	70	1,04±0,20	5,19	2,1.10 ⁻⁰⁷	1,82aB	1,05	3,15	2,84aA	1,92	4,22
<i>P. margintum</i> - 72 h	6	70	1,99±0,10	20,30	<2,2.10 ⁻¹⁶	3,42bB	2,44	4,80	7,34bB	6,06	8,90
<i>P. hostmannianum</i> - 72 h	6	70	2,32±0,10	22,74	<2,2.10 ⁻¹⁶	4,60cA	3,14	6,74	10,13cC	8,30	12,37
<i>P. callosum</i> - 72 h	6	35	2,39±0,05	45,37	<2,2.10 ⁻¹⁶	7,69dB	6,65	8,90	10,94cC	9,86	12,13
<i>P. aduncum</i> - 72 h	6	70	2,04±0,08	26,73	<2,2.10 ⁻¹⁶	4,26cC	3,35	5,42	7,70bC	6,63	8,95

¹Grau de liberdade. ²Número de repetições. ³Valor calculado do teste t. ⁴Probabilidade de significância do valor de t. ⁵Concentração letal média, para as diferentes espécies de piperáceas em um mesmo tempo de exposição, seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste do intervalo de confiança a 95% para diferença entre duas médias. ⁶Concentração letal média, para a mesma espécie de piperácea em diferentes tempos de exposição, seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste do intervalo de confiança a 95% para diferença entre duas médias.

A inclinação da linha de resposta é uma medida da variabilidade da população do ácaro em resposta a aplicação dos extratos. Assim, valores mais elevados para a inclinação indicam que o extrato se torna mais eficaz com o aumento das doses (MOTAZEDIAN et al., 2012), o que leva a resultados mais homogêneos (ATKINS et al., 1973). Isso pode ser observado pela maior proximidade entre o IC_{95%} inferior e superior. Por outro lado, à medida que o valor da inclinação diminui, menores mudanças na mortalidade são observadas com o aumento nas concentrações do extrato (MOTAZEDIAN et al., 2012).

Nas primeiras 24 h de exposição da população de *R. indica*, o extrato que apresentou valores mais baixos, tanto para CL_{25%} quanto para CL_{50%}, foi o de *P. peltatum*, com CLs estimadas de 0,99% e 2,27%, respectivamente. Neste mesmo período de exposição, o extrato de *P. aduncum* foi o que causou mortalidade mais elevada apenas nas maiores concentrações, o que também elevou o valor das CL_{25%} e CL_{50%}, para 13,02% e 21,29%, respectivamente.

Após 48 h de exposição de *R. indica* aos extratos, *P. peltatum* também causou a maior toxicidade em relação as demais espécies, com CL_{25%} e CL_{50%} de 1,29 e 2,33%, respectivamente. Neste período de exposição, *P. callosum* e *P. aduncum* foram os extratos que causaram maiores mortalidades apenas nas maiores concentrações, elevando os valores das CL_{25%} e CL_{50%}.

Com 72 h de exposição da praga aos extratos, *P. peltatum* continuou causando a maior toxicidade entre as piperáceas, tanto para a CL_{25%} quanto a CL_{50%}, que foram de 1,82 e 2,84%, respectivamente. A maior CL_{25%} foi observada em *P. callosum*, já as maiores CL_{50%} foram observadas em *P. callosum* e *P. hostmannianum*.

Quando comparadas as CL_{25%} para a mesma espécie de piperácea nos diferentes tempos de exposição de *R. indica*, observa-se que, para *P. aduncum*, *P. callosum* e *P. marginatum* os extratos são mais eficientes nas primeiras 24 h, uma vez que, as menores concentrações dos extratos que são necessárias para matar 25% da população da praga foram determinadas neste tempo de exposição (Tabela 2). Em *P. peltatum*, nos dois primeiros períodos de exposição, não há diferença na concentração de extrato necessária para matar 25% da população de *R. indica*, sendo os menores valores determinados nestes períodos. Para *P. hostmannianum* não houve diferença na CL_{25%} ao longo dos períodos de exposição.

Na avaliação da CL_{50%} de cada piperácea nos diferentes períodos de exposição, as espécies *P. aduncum*, *P. callosum*, *P. hostmannianum* e *P. marginatum* são mais eficientes nas primeiras 24 h, tendo neste período as menores CL_{50%}. Para *P. peltatum* a eficiência se manteve ao longo dos três períodos de exposição, não havendo diferença entre as CL_{50%}.

As mortalidades observadas para os extratos das diferentes espécies de piperáceas, nas diferentes concentrações e nos diferentes tempos de exposição, provavelmente, estão relacionadas a compostos produzidos por estas plantas que são passíveis de extração em solução aquosa. Vários compostos, conhecidos como metabólitos secundários, são responsáveis pela defesa natural das plantas contra a herbivoria por invertebrados e vertebrados (WINK, 2008). Esses são representados por cerca de 50.000 compostos já identificados, podendo ser divididos em compostos nitrogenados e não-nitrogenados (WINK, 2010). As plantas não produzem apenas um destes compostos para defesa, mas geralmente uma mistura complexa de metabólitos secundários de diferentes classes que frequentemente atuam de

maneira sinérgica (WINK, 2008; MASON; SINGER; 2015; WINK, 2015). A composição intra e interespecífica dessas misturas não é fixa, e variam em relação a concentração e composição, sugerindo que essa variação é uma estratégia importante para evitar a adaptação e resistência de herbívoros contra a defesa química das plantas (ISMAN et al., 1996; WINK, 2018). Alguns destes compostos possuem forte efeito deterrente alimentar e inibidor de crescimento contra várias pragas (ISMAN, 1999; 2006).

Entre os compostos nitrogenados são conhecidos aproximadamente 24.110 compostos das classes alcaloides, aminoácidos não proteicos, aminas, glicosídeos cianogênicos, glucosinolatos, alquilamidas, lectinas, peptídeos e polipeptídeos (WINK, 2010). Os não-nitrogenados compreendem cerca de 25.000 compostos que podem ser subdivididos em dois grupos principais, os terpenóides e os compostos fenólicos. Os terpenóides são os compostos das classes monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos, esteróides, saponinas e tetraterpenos. Os compostos fenólicos compreendem as classes flavonoides (que representam a maior classe destes compostos em plantas), taninos, fenilpropanoides, lignina, cumarinas, lignanas, poliacetilenos e poliquetídeos (WINK, 2010; TAIZ et al., 2015). Além destes, outros metabólitos secundários não-nitrogenados conhecidos em plantas são os ácidos graxos, ceras, carboidratos e ácidos orgânicos (WINK, 2010). Entre todos os metabólitos secundários mencionados, os alcaloides, terpenóides e compostos fenólicos são os mais frequentes e abundantes (KENNEDY; WIGHTMAN, 2011). Estes também representam os principais metabólitos secundários com bioatividade sobre pragas, sobretudo os terpenóides, onde é conhecida a maior diversidade e os mais potentes deterrentes alimentares (FRAZIER, 1986; ISMAN, 2002).

Quanto a solubilidade dos metabólitos secundários mencionados acima, há compostos insolúveis, solúveis apenas em solvente orgânico e solúveis ou com limitada solubilidade em água (TAIZ et al., 2015). Assim, a extração aquosa pode extrair substâncias polares e hidrossolúveis, sobretudo, os compostos que apresentem cadeia de carbono curta (MARTINS et al., 2013). Vários metabólitos secundários nitrogenados são solúveis em água, como alcaloides, aminoácidos não proteicos, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos (TRIGO, 2000; BELL et al., 2008; VERKERK et al., 2010; BABBAR, 2015). Já entre os não-nitrogenados, os terpenóides apresentam poucos compostos com solubilidade em água, como ocorre em algumas saponinas, monoterpenos, sesquiterpenos e triterpenos, mas, no geral, a solubilidade é muito baixa (TAIZ et al., 2015; FURTADO et al., 2017; ALVES et al., 2019). Para os compostos fenólicos, vários flavonoides podem solubilizar normalmente em água (TAIZ et al., 2015; ARRAIZA et al., 2017).

Muitos metabólitos secundários nitrogenados, a exemplo de alcaloides, aminoácidos não proteicos, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos, atuam na defesa das plantas contra ataques de artrópodes herbívoros (WINK, 1998; TRIGO, 2000; ISMAN, 2002; HUANGA et al., 2011; HIKAL et al., 2017). Nos terpenóides há compostos que apresentam ação tóxica ou deterrente alimentar para artrópodes herbívoros, sobretudo os monoterpenos e sesquiterpenos (ISMAN, 2002; BERAN et al., 2019), além destes as saponinas também apresentam ação tóxica (TAIZ et al., 2015). Vários compostos fenólicos também servem

para defesa contra artrópodes herbívora, como alguns flavonoides e fenilpropanoides (MUCKENSTURM et al., 1982; ISMAN, 2002; HIKAL et al., 2017).

Os óleos de *Piper* mostram ser constituídos por substâncias terpênicas, mais especificamente monoterpenos e sesquiterpenos, e de fenilpropanoides (ARAUJO, 2018; ARAUJO et al., 2018). As cinco espécies de piperáceas avaliadas já tiveram as composições percentuais dos seus óleos essenciais estabelecidas. Para uma população de *P. aduncum* da região Amazônica (Pará), os compostos majoritários no óleo essencial das folhas e caules finos foram o dilapiol (73,0% da composição percentual do óleo essencial), o beta-cariofileno e o germacrene D (ambos com 2,7%) e a miristicina (2,4%), além destes, mais 44 compostos foram identificados (SILVA et al., 2016). Em uma população também amazonense de *P. callosum*, foram identificados 22 compostos a partir do óleo essencial de suas folhas, tendo como majoritários o timol (76,6%), o orto-cimene (6,3%) e o beta-cariofileno (5,0%) (CHAVES et al., 2011). Já em *P. hostmannianum*, também para uma população amazonense, foram identificados 31 compostos do óleo essencial obtido das folhas sendo os majoritários o dilapiol (22,4%), a miristicina (18,1%) e o espatulenol (5,4%) (ARAUJO, 2018). Para uma população de *P. marginatum* coletada na região Amazônica (Rondônia), foram identificados 25 compostos a partir do óleo essencial de folhas e inflorescências, tendo como majoritários o (E)-anetol (10,10%), o biciclogermacrene (9,40%) e o germacrene D (8,83%) (BAY-HURTADO et al., 2016). Por fim, em *P. peltatum*, coletada em Cuba, o óleo essencial obtido das folhas apresentou 44 compostos, com os três majoritários sendo o óxido de cariofileno (22,9%), o espatulenol (9,0%) e o trans-calameneno (5,4%) (PINO et al., 2004).

Dentre as substâncias mencionadas como majoritárias nas cinco espécies de piperáceas, o monoterpeno timol e os sesquiterpenos beta-cariofileno, espatulenol e germacrene D, bem como os fenilpropanoides dilapiol e miristicina já tiveram seus isolados, extraídos de plantas, testados contra artrópodes, como insetos ou ácaros, tendo sua ação, na mortalidade ou repelência destes organismos, comprovada (MARSTON et al., 1995; SRIVASTAVA et al., 2001; CANTRELL et al., 2005; SILVA et al., 2009; KIM et al., 2010; LIU et al., 2010; PINO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2012; KIRAN; PUSHPALATHA 2013; ASHITANI et al., 2015; SANTOS et al., 2019). É importante ressaltar que os efeitos dos metabólitos secundários dependem tanto da presença dos compostos majoritários quanto dos minoritários, mesmo quando estes se encontram em baixíssimas concentrações (WOLFFENBÜTTEL, 2007).

Para uma mesma espécie de planta, as composições percentuais dos metabólitos secundários podem variar em função de diferentes fatores exógenos, como luz, precipitação, local de cultivo, espaçamentos e solo (BARRA, 2009; SILVA et al., 2013). Os fatores endógenos podem estar relacionados a idade das plantas e a variabilidade genética nas populações, podendo influenciar na variação química entre as plantas e entre diferentes partes da planta (SILVA et al., 2013; WINK, 2018). Como exemplo destas variações pode ser citado o percentual de dilapiol na composição do óleo essencial da parte aérea de *P. aduncum* coletadas em diferentes épocas e locais no Brasil, o qual pode variar de 34,4 a 91,1% (PAZ et al., 2017; SALEHI et al., 2019).

O efeito acaricida de extratos de algumas espécies vegetais já foi avaliado sobre fêmeas de *R. indica*. Neste sentido, Coelho et al. (2019) estudaram a ação de contato do extrato etanólico das partes aéreas de *Spilanthes acmella* (L.) Murr. (Asteraceae), obtendo CL_{25%} e CL_{50%} de 0,1948 e 0,4598 mg/mL (equivalente as concentrações de 0,01948 e 0,04598%), respectivamente, após 24 h de exposição. Santos et al. (2019) também testaram a ação de contato do óleo essencial, extraído por hidrodestilação, de folhas de *Lippia gracilis* Schauer (Verbenaceae), a qual tem uma CL_{50%} de 4,99 mg/mL (equivalente a concentração de 0,499%), após 24 h de exposição. A maior toxicidade relatada nestes dois trabalhos, em relação às piperáceas do presente estudo, pode estar relacionada não só a diferença entre as espécies de plantas, mas, principalmente, a maior eficiência na extração.

Pino et al. (2011) também avaliaram a ação de contato do óleo essencial, extraído por hidrodestilação, de folhas de *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake (Myrtaceae) sobre fêmeas de *R. indica*, o qual causou uma alta toxicidade, com mortalidade de 100% após 24 h de exposição do ácaro ao óleo na concentração de 2,5%. Castillo-Sánchez et al. (2018) também avaliaram a ação de contato dos extratos etanólicos de semente e de folha de *Brosimum alicastrum* Swartz (Moraceae) e da folha de *Plectranthus amboinicus* Sprengel (Lamiaceae), obtendo respectivamente mortalidades de 4,15, 4,95 e 12,25% nas concentrações de 5, 10 e 13%, também respectivamente.

A ação residual de contato para fêmeas de *R. indica*, assim como no presente estudo, foi testada por Sousa et al. (2018) com o extrato hidro-álcoolglicólico de sementes e frutos de *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh (Myrtaceae), o qual apresenta atividade acaricida, com mortalidade de 96% dos ácaros após 24 h de exposição na concentração de 8%, nesta mesma concentração, após 48 h de exposição a mortalidade foi de 100%.

Por fim, Alexander e Khan (2013), sem fazer menção as partes das plantas utilizadas e a forma de extração, testaram a ação fumigante dos óleos essenciais de *Jasminum officinale* L. (Oleaceae), *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. e L.M. Perry (Myrtaceae), *Musa* spp. (Musaceae), *Eucalyptus obliqua* L'Hérit (Myrtaceae), *Cinnamomum cassia* (L.) Presl. (Lauraceae) e *Mentha piperita* L. (Lamiaceae), sobre fêmeas de *R. indica*, obtendo mortalidades de 37,54, 50,63, 50,48, 38,95, 88,08 e 96,22%, respectivamente, após 72 h de exposição na concentração de 33,3 µL/L de ar.

Apesar da extração aquosa, os extratos de *P. aduncum*, *P. callosum*, *P. hostmannianum*, *P. marginatum* e *P. peltatum* apresentaram toxicidade sobre *R. indica* já a partir de 24 h de exposição, no mínimo na concentração de 10% dos extratos. Dessa forma, assim com as demais espécies vegetais discutidas anteriormente, as cinco piperáceas avaliadas tem potencial para serem mais detalhadamente estudadas, com intuito de isolar, caracterizar e sintetizar ou biosintetizar compostos que possam ser utilizados como acaricidas.

CONCLUSÕES

Os extratos aquosos das piperáceas *P. aduncum*, *P. callosum*, *P. hostmannianum*, *P. marginatum* e *P. peltatum* causaram efeitos toxicológicos sobre *R. indica* em condições de laboratório.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM, pelo financiamento e apoio da pesquisa. A Técnica Agropecuária (ICET) Luzia Correa Dunnemann pelo auxílio na manutenção das plantas na área experimental. A Dr^a Marta Regina Silva Pereira pela identificação das plantas.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, v.18, n.2, p. 265-267, 1925. [10.1093/jee/18.2.265a](https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a).
- ALVES, C. S. C.; OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA-JUNIOR, R. G.; SANTOS, R. F.; SANTOS, A. D. C.; TAVARES, G. F.; ALMEIDA, J. R. G. S. Caracterização físico-química de complexos de inclusão contendo os monoterpênicos cânfora e 1,8-cineol, constituintes majoritários dos óleos essenciais de *Croton conduplicatus*, em β-ciclodextrina. *Revista Virtual Química*, v.11, n.2, p.401-410, 2019. [10.21577/1984-6835.20190030](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190030).
- ALEXANDER, D.; KHAN, A. Fumigant and repellent activity of six essential oils against *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Trinidad. *International Pest Control*, p.1-4, 2013.
- ARAÚJO, M. J. C.; CÂMARA, C. A. G.; BORN, F. S.; MORAES, M. M.; BADJI, C. A. Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. *Experimental and Applied Acarology*, v.57, n.2, p.139-155, 2012. [10.1007/s10493-012-9545-x](https://doi.org/10.1007/s10493-012-9545-x).
- ARAÚJO, C. A. de. Composição química de óleos essenciais de espécies de *Piper* que ocorrem na Floresta Amazônica no Brasil. 2018. 71f. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2018.
- ARAÚJO, C. A. de.; CAMARA, C. A. G. da.; MORAES, M. M. de.; VASCONCELOS, G. J. N.; PEREIRA, M. R. S.; ZARTMAN, C. E. First record of the chemical composition of essential oil of *Piper bellidifolium*, *Piper durilignum*, *Piper acutilimum* and *Piper consanguineum* from in the Brazilian Amazon forest. *Acta Amazonica*, v.48, n.4, p.330-337, 2018. [10.1590/1809-4392201800771](https://doi.org/10.1590/1809-4392201800771).
- ARNASON, J. T.; DURST, T.; PHILOGÈNE, B. J. R. Prospection d'insecticides phytochimiques de plantes tempérées et tropicales communes ou rares. In: REGNAULT-ROGER, C.; PHILOGÈNE, B. J. R.; VINCENT, C. (eds.). *Biopesticides d'origine végétale*. Editions TEC and DOC: Paris, 2002. p.37-51.
- ARRAIZA, M. P., COLOMA, A. G., BURILLO, J., GUERRERO, C. C. Medicinal and aromatic plants: the basics of industrial application. *Frontiers in Horticulture*, v.1, Bentham Science Publishers: Sharjah, 2017. 296p.
- ASHITANI, T.; GARBOUI, S. S.; SCHUBERT, F.; VONGSOMBATH, C.; LIBLIKAS, I.; PALSSON, K.; BORG-KARLSON, A. K. Activity studies of sesquiterpene oxides and

- sulfides from the plant *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) and its repellency on *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, v.67, p.595-606, 2015. [10.1007/s10493-015-9965-5](https://doi.org/10.1007/s10493-015-9965-5).
- ATKINS, E.L.; GERYWOOD, E.; MACDONALD, R.L. Toxicity of pesticides and other agricultural chemicals to honey bees. Laboratory studies. Davis: University of California, 1973. 36p.
- BABBAR, N. An introduction to alkaloids and their applications in pharmaceutical chemistry. *The Pharma Innovation Journal*, v.4, n.10, p.74-75, 2015.
- BAKKER, F. M.; GROVE, A.; BLÜMEL, S.; CALIS, J.; OOMEN, P. Side-effect test for phytoseiids and their rearing methods. *IOBC/WPRS Bulletin*, v.15, n.3, p.61-81, 1992.
- BARRA, A. Factors affecting chemical variability of essential oils: a review of recent developments. *Natural Product Communications*, v.4, n.8, p.1147-1154, 2009.
- BAY-HURTADO, F.; LIMA, R. A.; TEIXEIRA, L. F.; SILVA, I. C. F.; BAY, M.; AZEVEDO, M. S.; FACUNDO, V. A. Atividade antioxidante e caracterização do óleo essencial das raízes de *Piper marginatum* Jacq. *Ciência e Natural*, v.38, n.3, p.1504-1511, 2016. [10.5902/2179460X21803](https://doi.org/10.5902/2179460X21803).
- BELL, E. A.; WATSON, A.A.; NASH, E.J. Non-protein amino acids: a review of the biosynthesis and taxonomic significance. *Natural Product Communications*, v.3, n.1, p.93-110, 2008. [10.1177/1934578X0800300117](https://doi.org/10.1177/1934578X0800300117).
- BERAN, F.; KÖLLNER, T. G.; GERSHENZON, J.; THOLL, D. Chemical convergence between plants and insects: biosynthetic origins and functions of common secondary metabolites. *New Phytologist*, v.223, p.52-67, 2019. [10.1111/nph.15718](https://doi.org/10.1111/nph.15718).
- BRASIL. 2013. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 59, de 18 de dezembro de 2013.
- BRASIL. 2018. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 38, de 01 de outubro de 2018.
- CANTRELL, C. L.; KLUN, J. A.; BRYSON, C. T.; KOBALSY, M.; DUKE, S. O. Isolation and identification of mosquito bite deterrent terpenoids from leaves of american (*Callicarpa americana*) and japanese (*Callicarpa japonica*) beautyberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.53, n.15, p.5948-5953, 2005. [10.1021/jf0509308](https://doi.org/10.1021/jf0509308).
- CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA, A.; DUNCAN, R. E.; PEÑA, J. E. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Experimental and Applied Acarology*, v.57, n.3-4, p.271-289, 2012. [10.1007/s10493-011-9487-8](https://doi.org/10.1007/s10493-011-9487-8).
- CASTILLO-SÁNCHEZ, L. E.; RUZ-FEBLES, N. M.; ALVARADO-CANCHE, A. R.; CANUL-SOLÍS, J. R.; LÓPEZ-COBÁ. Ethanol extracts of *Brosimum alicastrum* and *Plectranthus amboinicus* for the control of *Raoiella indica*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v.6, n.5, p.625-628, 2018.
- CHAVES, F. C. M.; BATISTA, A. C.; MENDONÇA, M. B.; HIDALGO, A. F.; MING, L. C.; BIZZO, H. R.; SOUZA, A. M.; PINTO, M.A.S. Biomass production and chemical composition of essential oil of *Piper callosum* as affected by spacing in Manaus, Amazonas State, Brazil. *Acta Horticulturae*, v.925, 2011. [10.17660/ActaHortic.2011.925.34](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.925.34).
- COELHO, C. R.; SANTOS, M. S.; VITERI-JUMBO, L.; FILHO, J. G. S.; CASTRO, K. N. C.; CANUTO, K. M.; BRITO, E. S.; SOUZA, A. S. Q.; TEODORO, A. V. Bioactividad de *Spilanthes acmella* (Asteraceae) a *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) y selectividad al depredador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). *Revista de Protección Vegetal*, v.34, n.1, p.224-4697, 2019.
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; YAMAGUCHI, K. K. L.; PIERI, F. A.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon Piperaceae with potential insecticide use. In: GUPTA, V. K. (ed.). *Medicinal plants: phytochemistry, pharmacology and therapeutics*. New Delhi: Daya Publishing House, v.3, 2014. p.423-439.
- FINNEY, D. J. Probit analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1971. 31p.
- FRAZIER, J. L. The perception of plant allelochemicals that inhibit feeding. In: BRATTSTEN, L. B.; AHMAD, S. (eds.). *Molecular aspects of insect-plant associations*. Boston: Springer, 1986. p.1-42. [10.1007/978-1-4613-1865-1_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1865-1_1).
- FURTADO, N. A. J. C.; PIRSON, L.; EDELBERG, H.; MIRANDA, L. M.; LOIRA-PASTORIZA, C.; PREAT, V.; LARONDELLE, Y.; ANDRÉ, C. M. Pentacyclic triterpene bioavailability: an overview of in vitro and in vivo studies. *Molecules*, v.22, n.400, p. 1-24, 2017. [10.3390/molecules22030400](https://doi.org/10.3390/molecules22030400).
- HIKAL, W. M.; BAESHEN, R. S.; SAID-AL AHL, H. A. H. Botanical insecticide as simple extractives for pest control. *Cogent Biology*, v.3, n.1, p.1-16, 2017. [10.1080/23312025.2017.1404274](https://doi.org/10.1080/23312025.2017.1404274).
- HUANGA, T.; JANDERA, G.; VOSB, M. Non-protein amino acids in plant defense against insect herbivores: Representative cases and opportunities for further functional analysis. *Phytochemistry*, v.72, n.13, p.1531-1537, 2011. [10.1016/j.phytochem.2011.03.019](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.03.019).
- ISMAN, M. B. Neem and related natural products. In: HALL, F. R.; MENN, J. J. (eds.). *Biopesticides: use and delivery*. Totowa: Humana Press (Methods in Biotechnology), v.5, 1999. p.139-153. [10.1385/0-89603-515-8:139](https://doi.org/10.1385/0-89603-515-8:139).
- ISMAN, M. B. Insect antifeedants. *The Royal Society of Chemistry - Pesticide Outlook*. v.13, p.152-157, 2002. [10.1039/b206507j](https://doi.org/10.1039/b206507j).

- ISMAN M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated World. *Annual Review of Entomology*, v.51, n.1, p.45-66, 2006. [10.1146/annurev.ento.51.110104.151146](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146).
- ISMAN, M. B.; MATSUURA, H.; MacKINNON S.; DURST, T.; TOWNER, G. H. N.; ARNASON J. T. Phytochemistry of the Meliaceae. In: ROMEO, J. T. SAUNDERS, J. A.; BARBOSA, P. (eds.). *Phytochemical diversity and redundancy in ecological interactions*. Boston: Springer (Recent Advances in Phytochemistry) v.30, 1996. p.155-178. [10.1007/978-1-4899-1754-6_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1754-6_6).
- JENSEN, H.R.; SCOTT, I.M.; SIMS, S.; TRUDEAU, V.L.; ARNASON, J.T. The effect of a synergistic concentration of a *Piper nigrum* extract used in conjunction with pyrethrum upon gene expression in *Drosophila melanogaster*. *Insect Molecular Biology*, v.15, n.3, p.329-339, 2006. [10.1111/j.1365-2583.2006.00648.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2583.2006.00648.x).
- JEPPSON, L. R.; KEIFER, H. H.; BAKER, E. W. Mites injurious to economic plants. Berkeley: University of California Press, 1975. 614 p.
- KENNEDY, D. O.; WIGHTMAN, E. L. Herbal extracts and phytochemicals: plant secondary metabolites and the enhancement of human brain function. *Advances in Nutrition*, v.2, n.1, p.32-50, 2011. [10.3945/an.110.000117](https://doi.org/10.3945/an.110.000117).
- KIM, S. I.; YOON, J. S.; JUNG, J. W.; HONG, K. B.; AHN, Y. J.; KWON, H. W. Toxicity and repellency of organum essential oil and its components against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) adults. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v.13, n.4, p.369-373, 2010. [10.1016/j.aspen.2010.06.011](https://doi.org/10.1016/j.aspen.2010.06.011).
- KIRAN, S. R.; PUSHPALATHA, K. C. Repellency of Essential Oil and Sesquiterpenes from Leaves of *Chloroxylon swietenia* DC against Mosquito Bites. *VRI Phytomedicine*, v.1, n.3, p.103-108, 2013. [10.14259/pm.v1i3.78](https://doi.org/10.14259/pm.v1i3.78).
- LIMA, B. M. F. V.; MOREIRA, J. O. T.; ARAGAO, C. A. Avaliação de extratos vegetais no controle de mosca-branca, *Bemisia tabaci* biótipo B em abóbora. *Revista Ciência Agrônômica*, v.44, n.3, p.622-627, 2013.
- LIU, Y. Q.; XUE, M.; ZHANG, Q. C.; ZHOU, F. Y.; WEI, J. Q. Toxicity of β -caryophyllene from *Vitex negundo* (Lamiales: Verbenaceae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) and its action mechanism. *Acta Entomologica Sinica*, v.53, n.4, p.396-404, 2010.
- MARSTON, A.; HOSTETTMANN, K.; MSONTHI, J. O. Isolation of antifungal and larvicidal constituents of *Diplolophium buchanani* by centrifugal partition chromatography. *Journal of Natural Products*, v.58, n.1, p.128-130, 1995. [10.1021/np50115a019](https://doi.org/10.1021/np50115a019).
- MARTINS, C.R., LOPES, W.A.; ANDRADE, J.B. DE. Solubilidade das substâncias orgânicas. *Química Nova*, v.36, n.8, p.1248-1255, 2013. [10.1590/S0100-40422013000800026](https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000800026).
- MASON, P.A.; SINGER, M.S. Defensive mixology: combining acquired chemicals towards defence. *Functional Ecology*, v.29, n.4, p.441-450, 2015. [10.1111/1365-2435.12380](https://doi.org/10.1111/1365-2435.12380).
- MIAO, W.; CHIOU, P. Confidence intervals for the difference between two means. *Computational Statistics & Data Analysis*, v.52, v.4, p.2238-2248, 2008. [10.1016/j.csda.2007.07.017](https://doi.org/10.1016/j.csda.2007.07.017).
- MOTAZEDIAN, N.; RAVAN, S.; BANDANI, A. R. Toxicity and repellency effects of three essential oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, v.14, n.2, p.275-284, 2012. [10.22073/pja.v9i1.55853](https://doi.org/10.22073/pja.v9i1.55853).
- MUCKENSTURM, B.; DUPLAY, D.; MOHAMMADI, F.; MORADI, A.; ROBERT, P. C.; SIMONIS, M. T.; KIELEN, J. C. Role of natural phenylpropanoids as antifeeding agents for insects. *Les Colloques de l'INRA (mediateurs chimiques agissant sur le comportement des insectes)*, v.7, p.131-135, 1982.
- NAVIA, D.; MARSARO Jr. A. L.; SILVA, F. R.; GONDIM Jr, M. G. C.; MORAES, G. J. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. *Neotropical Entomology*, v.40, n.3, p.409-411, 2011. [10.1590/S1519-566X2011000300018](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000300018).
- PAZ, R. F.; GUIMARÃES, E. F.; RAMOS, C. S. The occurrence of phenylpropanoids in the saps of six *Piper* species (Piperaceae) from Brazil. *Gayana - Botanica*, v.74, n.1, p.236-239, 2017. [10.4067/S0717-66432017005000109](https://doi.org/10.4067/S0717-66432017005000109).
- PINO, J. A.; MARBOT, R.; BELLO, A.; URQUIOLA, A. Essential oils of *Piper peltata* (L.) Miq. and *Piper aduncum* L. from Cuba. *Journal of Essential Oil Research*. v.16, n.2, p.124-126, 2004. [10.1080/10412905.2004.9698670](https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698670).
- PINO, O.; SÁNCHEZ, Y.; RODRÍGUEZ, H.; CORREA, T. M.; DEMEDIO, J.; SANABRIA, J. L. Caracterización química y actividad acaricida del aceite esencial de *Piper aduncum* subsp. *ossanum* frente a *Varroa destructor*. *Revista de Protección Vegetal*, v.26, n.1, p.52-61, 2011.
- PRAKASH, A.; RAO, J. Botanical pesticides in agriculture. Boca Raton: CRC Press, 1997. 480 p. [10.1201/9781315138572](https://doi.org/10.1201/9781315138572).
- SALEHI, B.; ZAKARIA, Z. A.; GYAWALI, R.; IBRAHIM, S. A.; RAJKOVIC, J.; SHINWARI, Z. K.; KHAN, T.; SHARIFIRAD, J.; OZLEYEN, A.; TURKDONMEZ, E.; VALUSSI, M.; TUMER, T. B.; FIDALGO, L. M.; MARTORELL, M.; SETZER, W. N. *Piper* species: a comprehensive review on their phytochemistry, biological activities and applications. *Molecules*, v.24, n.1364, p.1-118, 2019. [10.3390/molecules24071364](https://doi.org/10.3390/molecules24071364).
- SANTOS, M. C.; TEODORO, A. V.; MENEZES, M. S.; PINTO-ZEVALLOS, D. M.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; OLIVEIRA, E. M. C.; SAMPAIO, T. S.; FARIAS, A. P.; COELHO, C. R.; BLANK, A. F. Bioactivity of essential oil from *Lippia gracilis* Schauer against two major coconut pest mites and toxicity to a

- non-target predator. *Crop Protection*, v.125, p.1-6, 2019. [10.1016/j.cropro.2019.104913](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104913).
- SCOTT, I. M.; PUNIANI, E.; DURST, T.; PHELPS, D.; MERALI, S.; ASSABGUI, R. A.; SÁNCHEZ-VINDAS, P.; POVEDA, L.; PHILOGÈNE, B. J. R.; ARNASON, J. T. Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. extracts synergistic interaction of piperamides. *Agricultural and Forest Entomology*, v.4, p.137-144, 2002. [10.1046/j.1461-9563.2002.00137.x](https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2002.00137.x).
- SCOTT, I. M.; JENSEN, H.; SCOTT, J. G.; ISMAN, M. B.; ARNASON, J. T.; PHILOGÈNE, B. J. R. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, v.54, n.4, p.212-225, 2003. [10.1002/arch.10118](https://doi.org/10.1002/arch.10118).
- SCOTT, I. M.; JENSEN, H.; NICOL, R.; LESAGE, L.; BRADBURY, R.; SÁNCHEZ-VINDAS, P.; POVEDA, L.; ARNASON, J. T.; PHILOGÈNE, B. J. R. Efficacy of *Piper* (Piperaceae) extracts for control of common home and garden insect pests. *Journal of Economic Entomology*, v.97, n.4, p.1390-1403, 2004. [10.1093/jee/97.4.1390](https://doi.org/10.1093/jee/97.4.1390).
- SCOTT, I. M.; PUNIANI, E.; JENSEN, H.; LIVESEY, J. F.; POVEDA, L.; SÁNCHEZ-VINDAS, P.; DURST, T.; ARNASON, J. T. Analysis of Piperaceae germplasm by HPLC and LCMS: a method for isolating and identifying unsaturated amides from *Piper* spp. extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.53, n.6, p.1907-1913, 2005. [10.1021/jf048305a](https://doi.org/10.1021/jf048305a).
- SILVA, W. C.; MARTINS, J. R. S.; SOUZA, E. M.; HEIZEN, H.; CESIO, M. V.; MATO, M. Toxicity of *Piper aduncum* L. (Piperales: Piperaceae) from the Amazon forest for the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Veterinary Parasitology*, v.164, n.2-4, p.267-274, 2009. [10.1016/j.vetpar.2009.06.006](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.06.006).
- SILVA, A. L.; CHAVES, F. C. M.; LAMEIRA, R. C.; BIZZO, H. R. Rendimento e composição do óleo essencial de *Piper aduncum* L. cultivado em Manaus, AM, em função da densidade de plantas e épocas de corte. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.15, n.4, p.670-674, 2013. [10.1590/S1516-05722013000500007](https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000500007).
- SILVA, J. K. R.; SILVA, N. N. S.; SANTANA, J. F. S.; ANDRADE, E. H. A.; MAIAE, J. G. S.; SETZERF, W. N. Phenylpropanoid-rich essential oils of *Piper* species from the Amazon and their antifungal and anti-cholinesterase activities. *Natural Product Communications*, v.11, n.12, p.1907-1911, 2016. [10.1177/1934578X1601101233](https://doi.org/10.1177/1934578X1601101233).
- SOUSA, R. C. P.; MORAIS, E. G. F.; PEREIRA, R. S.; CHAGAS, E. A.; SCHURT, D. A. Atividade acaricida de extrato a base de sementes dos frutos de Caçari. *Rev. GEINTEC*, v.8, n.3, p.4495-4507, 2018. [10.7198/geintec.v8i3.988](https://doi.org/10.7198/geintec.v8i3.988).
- SRIVASTAVA, S.; GUPTA, M. M.; PRAJAPATI, V.; TRIPATHI, A. K.; KUMAR, S. Insecticidal activity of myristicin from *Piper mullesua*. *Pharmaceutical Biology*, v.39, n.3, p.226-229, 2001. [10.1076/phbi.39.3.226.5933](https://doi.org/10.1076/phbi.39.3.226.5933).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. *Plant physiology and development*, 6.ed. Sinauer Associates: Oxford University Press, 2015. 761p.
- TAN, S. H., TAN, S. B. The correct interpretation of confidence intervals. *Proceedings of Singapore Healthcare*, v.19, n.3, p.276-278, 2010. [10.1177/201010581001900316](https://doi.org/10.1177/201010581001900316).
- TEODORO, A. V.; RODRIGUES, J. C. V.; SILVA, J. F. da; NAVIA, D.; SILVA, S.S. Ácaro-vermelho-das palmeiras *Raoiella Indica*: nova praga de coqueiro no Brasil. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros (Documento 210), 2016. 19p.
- TRIGO, J. R. The chemistry of antipredator defense by secondary compounds in Neotropical Lepidoptera: facts, perspectives and caveats. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v.11, n.6, p.551-561, 2000. [10.1590/S0103-50532000000600002](https://doi.org/10.1590/S0103-50532000000600002).
- VERKERK, R.; KNOL, J. J.; DEKKER, M. The effect of steaming on the glucosinolate content in broccoli. *Acta Horticulturae*, v.867, p.37-46, 2010. [10.17660/ActaHortic.2010.867.3](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.867.3).
- WINK, M. Chemical ecology of alkaloids. *Alkaloids*, p.265-300, 1998. [10.1007/978-1-4757-2905-4_11.1](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2905-4_11.1).
- WINK, M. Plant secondary metabolism: diversity, function and its evolution. *Natural Product Communications*, v.3, n.8, p.1205-1216, 2008. [10.1177/1934578X0800300801](https://doi.org/10.1177/1934578X0800300801).
- WINK, M. Biochemistry, physiology and ecological functions of secondary metabolites. In: *Annual Plant Reviews*, v.40 (ed). *Biochemistry of plant secondary metabolism*, 2.ed, cap.1, p.1-19, 2010. [10.1002/9781444320503.ch1](https://doi.org/10.1002/9781444320503.ch1).
- WINK, M. Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. *Medicines*, v.2, n.3, p.251-286, 2015. [10.3390/medicines2030251](https://doi.org/10.3390/medicines2030251).
- WINK, M. Plant secondary metabolites modulate insect behavior-steps toward addiction? *Frontiers in Physiology*. v.9, n.364, 2018. [10.3389/fphys.2018.00364](https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00364).
- WOLFFENBÜTTEL, A. N. Óleos essenciais. *Informativo CRQ-V*, v. 11, n.105, p.06-07, 2007.