



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.3.4.2018.2061.417-428



Caracterização fitoquímica e avaliação do potencial acaricida e inseticida do óleo essencial de *Hymenaeae courbaril* L. var. *courbaril* sobre o ácaro-rajado e o gorgulho do milho

Phytochemical characterization and evaluation of the acaricide and insecticidal potential of the *Hymenaeae courbaril* L. var. *courbaril* essential oil on the two-spotted spider mite and maize weevil

Paula Fernanda Figueiredo das Mercês^{a*}, Cibele Maria Alves da Silva Bessa^a, Carolina Barbosa Malafaia^b, Cláudio Augusto Gomes da Câmara^c, Milena Martins Correia da Silva^c, Patrícia Cristina Bezerra-Silva^a, Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro^a, Thiago Henrique Napoleão^a, Maria Tereza dos Santos Correia^a, Márcia Vanusa da Silva^a, Maria Luiza Vilela Oliva^d

^a Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Departamento de Bioquímica, Av. Professor Moraes Rego, n. 1235, Recife-PE, Brasil. CEP: 50.670-901. *Autor para Correspondência: paulaanandaa@hotmail.com.

^b Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste-CETENE, Av. Prof. Luís Freire, 01, Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil. CEP: 50.740-540.

^c Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Laboratório de Produtos Naturais Bioativos, Recife, Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil. CEP 52.171-900.

^d Universidade Federal de São Paulo UNIFESP, Departamento de Bioquímica, Rua 3 de Maio, n. 100, São Paulo, São Paulo, Brasil. CEP: 04021-001.

ARTICLE INFO

Recebido 25 Jul 2018

Aceito 03 Out 2018

Publicado 18 Out 2018

ABSTRACT

The insecticidal properties of essential oils are generally recognized over the centuries and have been confirmed scientifically in recent decades. Such products can be used in agriculture as an alternative for pest control. The objective of this work was to evaluate the phytochemical composition of the essential oil of *Hymenaeae courbaril* var. *courbaril* and its effects the acaricide and insecticide. The essential oil derived from the leaves of *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* was obtained by steam drag hydrodistillation and phytochemically characterized by gas chromatography/mass spectrometry; its acaricide and insecticide potential were evaluated against *Tetranychus urticae* and *Sitophilus zeamais*, respectively, plagues occurring in a wide variety of economically important crops throughout the world. After GC/MS analysis, 36 compounds were identified, being 46.42% of monoterpenes and 51.41% of sesquiterpenes. The insecticidal bioassays evaluated the interference of the essential oil in the nutritional physiology of the corn weevil and in the fumigation process of the mite. Assays indicated that the essential oil caused a significant mortality, promoting physiological damage to *S. zeamais*. The LC₅₀ value for *T. urticae* was 35.57 µL.mL⁻¹ of air; in addition, it was also observed that the oviposition was negatively affected by the essential oil. The essential oil of *H. courbaril* demonstrated to be a potential control for pests affecting metabolism and reproduction of both tested plague species.

Keywords: Jatobá, *Sitophilus zeamais*, *Tetranychus urticae*, opposition, mortality.

RESUMO

As propriedades inseticidas dos óleos essenciais são geralmente reconhecidas ao longo dos séculos e confirmadas cientificamente nas últimas décadas. Tais produtos podem ser usados na agricultura como uma alternativa para o controle de pragas. O objetivo deste trabalho foi avaliar e identificar a composição fitoquímica do óleo essencial de *Hymenaeae courbaril* var. *courbaril* e os efeitos acaricida e inseticida. O óleo essencial derivado das folhas de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* foi

obtido por hidrodestilação com arraste á vapor e caracterizado fitoquimicamente por cromatografia gasosa/espectrometria de massa; seu potencial acaricida e inseticida foi avaliado contra *Tetranychus urticae* e *Sitophilus zeamais*, respectivamente, pragas que ocorrem em uma ampla variedade de culturas economicamente importantes em todo o mundo. Após a análise por CG/EM, foram identificados 36 compostos, sendo 46,42% dos monoterpenos e 51,41% dos sesquiterpenos. Os bioensaios inseticidas avaliaram a interferência do óleo essencial na fisiologia nutricional do gorgulho e no processo de fumigação do ácaro. Os ensaios indicaram que o óleo essencial causou uma mortalidade significativa, promovendo danos fisiológicos ao *S. zeamais*. O valor de CL_{50} para *T. urticae* foi de 35,57 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ de ar; além disso, também foi observado que a oviposição foi afetada negativamente pelo óleo essencial. O óleo essencial de *H. courbaril* demonstrou ser um potencial controle de pragas por afetar o metabolismo e a reprodução de ambas as espécies de praga testadas.

Palavras-Chave: Jatobá, *Sitophilus zeamais*, *Tetranychus urticae*, oviposição, mortalidade.

Introdução

O ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch) e o gorgulho de milho (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) são considerados pragas artrópodes economicamente importantes no mundo, pois causam perdas no campo e no armazenamento dos grãos (Arena et al., 2017; Pavela et al., 2016). O ácaro-rajado se alimenta da seiva, isso causa o aparecimento de manchas cloróticas e a morte foliar e conseqüentemente diminuição da produção (Araújo Júnior et al., 2010). O gorgulho do milho infesta grãos de maior importância mundialmente, como o milho, e ainda é capaz de se alimentar de outros produtos como pêssegos, maçã, uva, marmelo e ameixa, além de produtos processados como macarrão e biscoitos (Botton et al., 2005; Fazolin et al., 2010).

Atualmente o controle destas pragas da agricultura é feito através do emprego de inseticidas convencionais, que trazem associados efeitos negativos como afetar organismos não alvos (Restello et al., 2009), diminuição da produtividade (Mazzoleni & Oliveira, 2010) e contaminação ambiental e dos alimentos e afeta também a saúde humana (Gnankiné & Bassolé, 2017). Visando sanar esses problemas associados ao combate de insetos na agricultura, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos com vegetais, na busca de biomoléculas capazes de promover tal controle (Araújo Júnior et al., 2010; Kamanula et al., 2017; Pavela & Sedlák, 2018).

Sabe-se que as plantas produzem diversos compostos orgânicos, referidos como metabólitos secundários ou produtos naturais, que naturalmente desempenham um papel fundamental nas interações de defesa contra predadores e patógenos. Muitos destes apresentam atividades biológicas e têm sido utilizados na indústria farmacêutica e agroquímica (Pavarini et al., 2012). Entre os produtos alternativos para o combate de insetos-praga da agricultura, os óleos essenciais têm sido citados como eficazes no

combate de diversas pragas (Arena et al., 2017; Kamanula et al., 2017; Pavela & Sedlák, 2018). Estes apresentam uma composição complexa, com centenas de biomoléculas com diversas aplicações, mas só recentemente têm sido comercializados para o controle de pragas (Isman et al., 2011). Nas últimas décadas, têm sido amplamente investigados para o manejo integrado de várias pragas, ocupando um lugar de destaque na busca por alternativas aos pesticidas sintéticos (Coitinho et al., 2011; Siegwart et al., 2015).

Espécies do gênero *Hymenaea*, conhecidas popularmente como jatobá e jatobá do cerrado, estão entre os mais ricos da família das leguminosas como fonte de compostos bioativos (Orsi et al., 2012) e são relatadas como ricas em terpenóides (óleo essencial) e alcaloides (Dias et al., 2013). *Hymenaea courbaril* é utilizada pela medicina popular em diversas aplicações como no tratamento enfermidades nos tratos respiratório e gástrico, cicatrizante, anti-inflamatório anti-reumático e uricosúrico entre outros (Chaves, 2012; Heinrich, 1992, Cáceres et al., 1991, Milliken, 1997). Diversos estudos confirmaram sua caracterização bioquímica, farmacológica e biológica, como atividades antifúngica, antimicrobiana, antioxidante, larvicida e moluscicida (Buckeridge et al., 1997; Abdel-Kader et al., 2002; Imai et al., 2008; Suzuki et al., 2007; Coe, 2016). O óleo essencial do jatobá foi descrito como larvicida para *Aedes aegypti* (Coe, 2016) e tem sido amplamente utilizado para aplicações agrícolas, como bactericidas, fungicidas, antiparasitárias e inseticidas, assim como nas indústrias farmacêutica, cosmética, medicinal e alimentícia (Bakkali et al., 2008; Silva et al., 2015; Voon et al., 2012).

Apesar da grande quantidade de estudos relacionados à atividade biológica de *H. courbaril*, não existem até o momento, dados na literatura sobre seu potencial, inseticida e acaricida, revelando, dessa maneira, a importância

do presente estudo. Diante do exposto, o objetivo foi caracterizar fitoquimicamente o óleo essencial extraído das folhas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril*) e avaliar o potencial inseticida contra o ácaro rajado e o gorgulho do milho.

Material e Métodos

Coleta do material botânico

Folhas de jatobá foram coletadas no Parque Nacional do Catimbau (Latitude: 8°32'47.7"; Longitude: 37°15'0.76"), em fevereiro de 2016, armazenadas em sacos plásticos e mantidas, sob refrigeração, até o momento da extração do óleo essencial. Um exemplar foi identificado e tombado pelo Herbário do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), sob voucher IPA-80348.

Extração do óleo essencial

O óleo essencial foi extraído a partir de folhas frescas (300 g) trituradas e submetidas à hidrodestilação 1:10 (m/v), em aparelho tipo Clevenger por 5 h. O óleo foi cuidadosamente coletado com pipeta Pasteur, utilizando sulfato de sódio anidro para remoção de toda a água do óleo e armazenado em recipientes âmbar, selados à 4°C. O rendimento (m.m^{-1}) dos óleos foi calculado com base no peso do material fresco.

Análises por Cromatografia Gasosa (CG) acoplada à Espectrometria de Massas (EM)

O óleo essencial foi analisado em cromatógrafo gasoso Agilent Technologies (Palo Alto, CA, USA), 5975C series, com sistema de detecção quadrupolo, equipado com coluna apolar DB-5 9Agilent J&W, 60 m x 0,25 mm x 0,25 μm . Foram injetadas no cromatógrafo gasoso, acoplado com espectrômetro de massa, alíquotas de 1 μL em split 1:50 do óleo essencial com concentrações variando entre 2000 a 3000 ppm. Posteriormente, injetou-se 1 μL em split (1:50) da mistura de padrões de hidrocarbonetos: C9-C30. Por fim, injetou-se a mistura do óleo essencial e a mistura de padrões de hidrocarbonetos, 1 μL (0,2 μL de alcanos e 0,8 μL do óleo) sob o modo splitless. A temperatura do CG foi mantida em 60°C por 3 min, depois foi aumentando de 2,5°C.min⁻¹ até 240°C e mantida por 10 min nesta temperatura. O fluxo de hélio foi mantido em pressão constante de 100 kPa. A interface do EM foi definida em 200°C e injetor 250°C e os espectros de massa registrados em 70 eV (em modo EI) com uma velocidade de escaneamento de 0,5 scan-s de m/z 20-350. A partir da análise dos tempos de retenção dos compostos presentes na amostra do óleo essencial, dos padrões de

hidrocarboneto e a combinação do óleo essencial com a mistura de padrões foram calculados os índices de retenção para cada componente do óleo, segundo a equação de Van Den Dool & Kratz (1963). Os compostos foram identificados a partir de comparação de seus espectros de massa e tempos de retenção àqueles de padrões autênticos disponíveis nas bibliotecas de referência MassFinder 4, NIST08 e Wiley Registry™ 9th Edition, integradas ao software Agilent MSD Productivity ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, EUA). As amostras de óleo foram quantificadas em cromatografia gasosa com detector de ionização de chamas (CG-DIC), nas mesmas condições do CG-EM, em triplicata para cálculo de desvio padrão. Isso foi utilizado para determinar a proporção dos compostos no óleo.

Insetos

Criação do *Tetranychus urticae*

O ácaro rajado utilizado foi obtido da criação mantida em plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.) do Laboratório de Acarologia Agrícola do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Brasil). Os insetos foram mantidos em recipientes de vidro, fechados com tecido fino (tipo tule) para permitir as trocas gasosas, a temperatura de 25 ± 1°C, com 65 ± 3% de umidade relativa e fotoperíodo de 12h:12h claro:escuro. Dez fêmeas adultas foram liberadas em início de postura. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento.

Criação do *Sitophilus zeamais*

Colônias de Gorgulho do milho foram obtidas do Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco (Recife, Brasil) e mantidas em recipientes de vidro cobertos com voal, à temperatura de 28 ± 2°C, com 70% de umidade relativa e fotoperíodo de 12:12h claro:escuro. A dieta consistiu em grãos de milho selecionados de acordo com a integridade, condições sanitárias, tamanho, e ausência de contaminação por insetos. Insetos adultos (30 a 60 dias de idade) foram utilizados nos experimentos.

Teste de Contato Residual – Fumigação

O teste de fumigação foi feito, de acordo com Arena et al. (2017), com modificações para avaliar a toxicidade de contato residual do óleo essencial de jatobá contra o ácaro rajado. As concentrações utilizadas variaram de 2 a 100 $\mu\text{L.mL}^{-1}$, sendo as soluções preparadas através da diluição dos óleos em metanol. Três discos foliares de feijão-de-porco (2,5 cm) foram imersos

nas soluções previamente preparadas. Após secagem os discos foram condicionados de forma equidistantes em placas de Petri contendo um disco de papel de filtro saturado com água para evitar a fuga dos ácaros e manter a turgidez das folhas. Em cada disco de folha foram colocadas 10 fêmeas adultas e a mortalidade foi determinada após 24 h de exposição. Os ácaros foram considerados mortos quando incapazes de caminhar uma distância superior ao comprimento do seu corpo após um leve toque com a extremidade de um pincel de cerdas finas. Para avaliar a oviposição após a exposição ao óleo, quantificou-se o número de ovos dos tratamentos e do controle. Os discos controle foram tratados com metanol (controle negativo) ou Eugenol (controle positivo). Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Os dados foram analisados pelo modelo de Probit através do Software POLO-PC para a determinação dos valores da CL_{50} , com intervalos de confiança a 95%, validados através do programa estatístico SAS e gerados na forma de gráfico através do software SigmaPlot.

Avaliação da toxicidade por ingestão do óleo essencial

Os testes foram realizados de acordo com Napoleão et al. (2013). Cada bioensaio consistiu em uma placa de Petri contendo cinco discos de uma mistura de farinha de trigo com o óleo essencial das folhas do jatobá. Foram avaliadas concentrações de 20 a 100 $\mu\text{L.mL}^{-1}$. Para preparação dos discos, o óleo foi misturado a 2 g de farinha autoclavada e em seguida, a mistura foi solubilizada em água para volume final de 5mL. Após homogeneização por 5 min, 5 alíquotas de 200 μL foram dispostos em placas de Petri de forma equidistante e mantidas em estufa a 56°C por 24 h e, em seguida, a massa dos discos foi registrada.

Grupos de 20 insetos adultos de *S. zeamais* com peso conhecido foram transferidos para cada placa. Os bioensaios foram mantidos a 28 \pm 2°C e realizados em triplicata. Tween®80 a 1% foi utilizado como controle negativo. Após

sete dias de experimento, foi determinada a taxa de mortalidade, observando-se a motilidade dos insetos a olho nu e foram aferidos os pesos dos discos da dieta e dos insetos, para determinação do índice de deterrência.

Bioensaio

O índice de deterrência alimentar (IDA) foi calculado segundo a fórmula: $IDA = 100 \times [(C-T)/C]$, onde C corresponde à massa ingerida no controle e T à massa ingerida no teste. De acordo com os valores de IDA, o efeito da amostra foi classificado como: não-deterrente ($IDA < 20\%$), deterrente fraco ($20\% < IDA \leq 50\%$), deterrente moderado ($50\% < IDA \leq 70\%$) ou deterrente forte ($IDA \geq 70\%$) (Procópio et al., 2015).

Os seguintes índices nutricionais foram também calculados: Taxa de consumo relativo (TCR): (massa ingerida)/(biomassa inicial dos insetos x dias), Taxa de ganho relativo de biomassa (TGB): (biomassa adquirida)/(biomassa inicial dos insetos x dias) e Eficiência de conversão do alimento ingerido (ECAI): (biomassa adquirida/massa ingerida) x 100. Para a análise estatística foi calculado as diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos e foram calculadas através do Teste de Tukey. Os dados foram expressos como média \pm desvio padrão.

Resultados

O rendimento do óleo essencial extraído das folhas do jatobá foi de 0,53% (m.m^{-1}), o mesmo apresentou cor esverdeada e forte aroma.

As análises cromatográficas realizadas em CG/EM permitiram a detecção de 36 compostos, dos quais 26 foram identificados, representando 76,03% dos constituintes do óleo. Essa análise revelou o óxido de cariofileno e β -cariofileno como compostos majoritários no óleo essencial desta espécie, 20,63 \pm 0,18% e 16,78 \pm 0,54%, respectivamente. O índice de retenção e a percentagem de compostos detectados constam na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do óleo essencial de folhas de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril*.

Nº	Composto ^a	Índice de retenção		Total de óleo (%)
		Calculado ^b	Literatura ^c	
1	α -Cubebeno	1351	1345	0,86 \pm 0,04
2	α -Copaeno	1377	1374	2,41 \pm 0,11
3	β -Elemeno	1393	1389	1,28 \pm 0,06
4	Cipereno	1401	1398	2,74 \pm 0,11
5	β -Cariofileno	1421	1417	16,78 \pm 0,054

6	β -Copaeno	1431	1430	0,30 \pm 0,01
7	<i>trans</i> - α -Bergamoteno	1437	1432	0,88 \pm 0,03
8	Aromadendreno	1441	1439	0,45 \pm 0,02
9	α -Humuleno	1456	1452	2,54 \pm 0,03
10	γ -Muuroloeno	1479	1478	2,63 \pm 0,07
11	Germacreno D	1483	1484	3,94 \pm 0,04
12	β -Selineno	1488	1489	3,66 \pm 0,08
13	α - Selineno	1497	1498	2,18 \pm 0,04
14	<i>trans</i> - β -Guaieno	1503	1502	1,26 \pm 0,02
15	γ -Cadineno	1516	1513	1,11 \pm 0,03
16	δ -Cadineno	1525	1522	2,99 \pm 0,05
17	α -Calacoreno	1545	1544	0,31 \pm 0,01
18	Sesquiterpenos não identificados	1555	1542	0,94 \pm 0,04
19	<i>trans</i> - Nerolidol	1565	1561	0,87 \pm 0,08
20	Sesquiterpenos não identificados	1569	15,48	0,59 \pm 0,01
21	Sesquiterpenos não identificados	1580	1584	4,53 \pm 0,06
22	óxido de cariofileno	1586	1582	20,63 \pm 0,18
23	CNI	1591	-	0,64 \pm 0,02
24	Salvial-4(14)-em-1-ano	1596	1594	0,69 \pm 0,02
25	CNI	1607	-	0,35 \pm 0,03
26	epoxido de Humuleno II	1612	1608	2,76 \pm 0,10
27	Sesquiterpenos não identificados	1628	1620	13,46 \pm 0,34
28	Sesquiterpenos não identificados	1631	1625	1,32 \pm 0,04
29	Sesquiterpenos não identificados	1634	1628	0,87 \pm 0,07
30	Cariofila-4(12),8(13)-dien-5-ol	1639	1639	0,62 \pm 0,09
31	τ -Muurolol	1645	1640	0,55 \pm 0,11
32	α -Cadinol	1657	1652	1,22 \pm 0,13
33	CNI	1660	-	0,75 \pm 0,05
34	Cariofileno <14-hydroxy-9-epi(E)->	1673	1668	1,89 \pm 0,15
35	Eudesma-4(15),7-dien-1-ol	1689	1687	0,49 \pm 0,07
36	CNI	1968	-	0,54 \pm 0,06
	Monoterpenos			46,32
	Sesquiterpenos			51,41
	Compostos não identificados (CNI)			2,27
Total				100

^a Constituintes listados por ordem de eluição em uma coluna não-polar DB-5; ^b Índices de retenção (IR) calculados a partir dos tempos de retenção em relação aos de uma série de n-alcenos C9-C30 em uma coluna capilar DB-5 de 60 m; ^c Valores retirados de Adams (2009).

Em 24 horas de exposição foi detectada toxicidade do óleo contra o ácaro rajado, com CL₅₀ em uma concentração de 35,27 μ L.mL⁻¹ de ar (Tabela 2). O óleo das folhas do jatobá mostrou-se com eficiência significativa, pois a mesma aumentou diretamente com o aumento da

concentração e do tempo de exposição, caracterizando o efeito fumigante. Resultados semelhantes foram encontrados por Aslan et al. (2004) com óleos essenciais de outras espécies do gênero *Hymenaea*.

Tabela 2. Toxicidade por contato residual (CL₅₀ em μ L.mL⁻¹) do óleo essencial de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* e eugenol sobre *Tetranychus urticae*. n = número de indivíduos; GL = grau de liberdade; χ^2 = quiquadrado; RT = razão de toxicidade.

Parâmetros	<i>Hymenaea courbaril</i>	Eugenol
------------	---------------------------	---------

n	540	540
GL	4	4
Inclinação da reta	3,51 (3,19 - 3,83)	9,14 (7,90 - 10,38)
CL ₅₀ (IC 95%)	35,57 (31,44 - 39,88) ^a	26,26 (22,11 - 28,62) ^b
χ^2	2,91	7,04
RT (IC 95%)	1,36 (1,09 - 1,69)	-

O óleo do jatobá foi tóxico ao *T. urticae* por contato residual, causando respostas fisiológicas e comportamentais, pois houve

aumento da mortalidade e diminuição da oviposição à medida que as concentrações eram aumentadas (Figura 1).

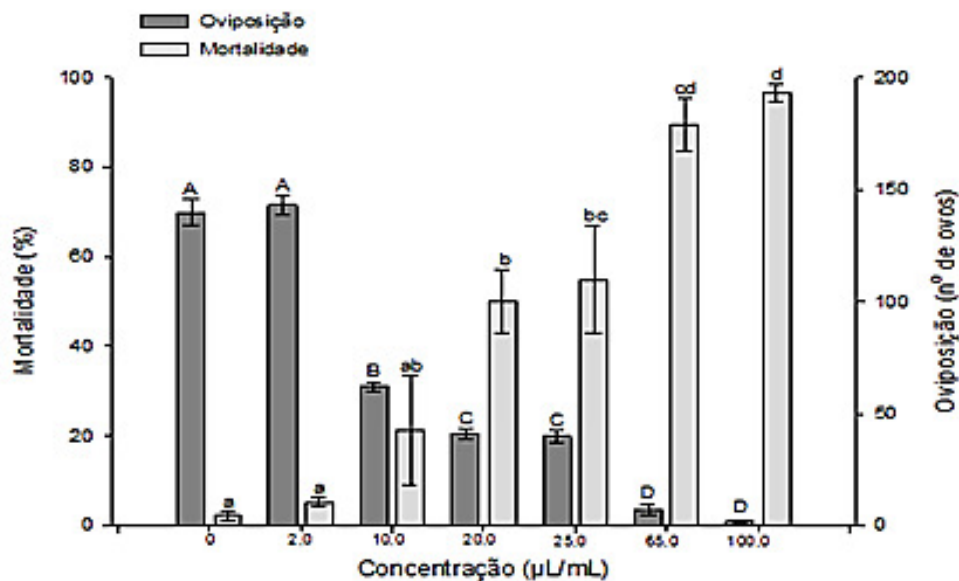


Figura 1. Mortalidade e oviposição de *Tetranychus urticae* em discos de folhas pulverizados com diferentes concentrações do óleo das folhas de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril*.

É possível observar que sob a concentração de 10 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ ocorreu redução de 40% na fecundidade. As concentrações de 20 e 25 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ reduziram a fecundidade em 26,8 e 18,4%, respectivamente. Na maior concentração de 100 $\mu\text{L.mL}^{-1}$, a mortalidade chegou a 100%. Verificou-se a toxicidade do óleo para essa praga, onde foi possível inferir que desde a menor concentração testada houve redução na população. A curva de concentração-mortalidade do ácaro rajado exposta ao óleo essencial do jatobá, foi utilizada para definir a CL₅₀ no valor de 43,7 $\mu\text{L.mL}^{-1}$.

O óleo essencial do jatobá aumentou significativamente a mortalidade de *S. zeamais* em comparação com o controle, sendo as concentrações acima de 50% em uma concentração de 60 $\mu\text{L.mL}^{-1}$ (Figura 2A).

As taxas de consumo relativo (Figura 2B) verificadas para *S. zeamais* não foram diferentes em relação ao controle indicando que não houve rejeição da dieta pré e pós-ingestão, pois os valores da taxa de consumo relativo (TCR) não foram significativamente alterados. Houve efeito

deterrente apenas na concentração de 60 $\mu\text{L.g}^{-1}$ indicando que o óleo essencial apresentou um fraco efeito na deterrência alimentar, indicando que a dieta foi consumida pelos insetos. Contudo, a ingestão da dieta contendo o óleo essencial provocou uma perda significativa de peso do inseto, observada através da taxa de ganho de biomassa relativa nos tratamentos com o óleo, sendo significativamente mais baixo do que o controle (Figura 2C). Esses resultados indicam que a ingestão dos discos contendo o óleo induziu distúrbios nutricionais, em todas as concentrações testadas.

Os valores da eficiência de conversão do alimento ingerido (ECAI), que demonstram quanto do alimento foi ingerido e convertido em biomassa do inseto, apresentaram valores negativos (Figura 2D) nos tratamentos em todas as concentrações testadas indicando que a incorporação do mesmo à dieta levou a um desbalanço na fisiologia do inseto, mostrando que o alimento ingerido foi insuficiente para contrabalancear os prejuízos causados no metabolismo, pela presença do óleo na dieta. Esse

resultado pode ser evidenciado no controle, onde o alimento ingerido sem a presença do óleo permitiu um ECAI de 12,02%, porém esse parâmetro diminuiu na primeira concentração

testada para -13,5 a -30,5% indicando que o alimento ingerido foi insuficiente para contrabalancear o prejuízo causado pela presença do óleo na dieta.

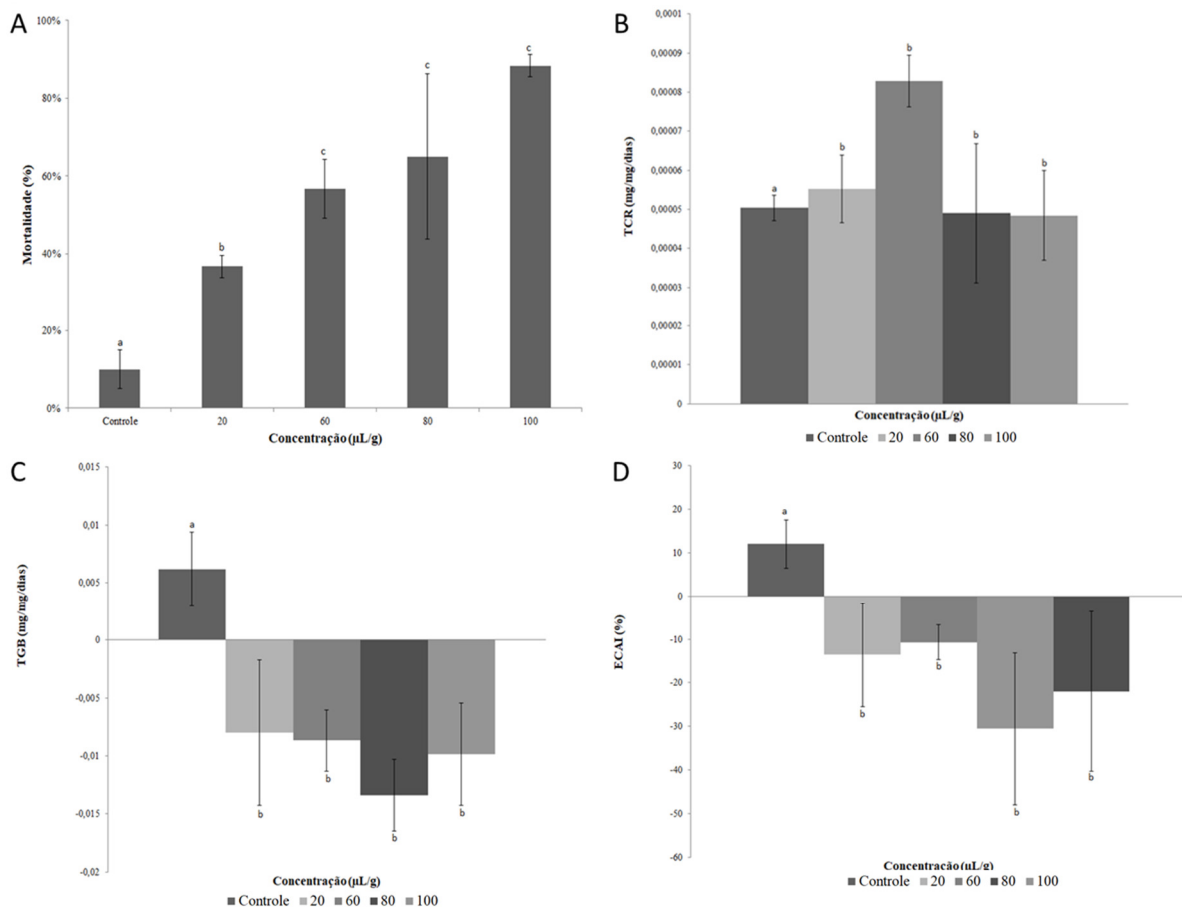


Figura 2. Parâmetros nutricionais de adultos de *Sitophilus zeamais* criados em dietas artificiais. A. Mortalidade; B. taxa de consumo relativo indica a quantidade de alimentos consumido em $\mu\text{L.g}^{-1}$ por mg de peso corporal por dia de insetos; C. ganho de biomassa em relação taxa indica a quantidade de biomassa obtida em todos os dias por $\mu\text{L.g}^{-1}$ de corpo inicial peso; D. eficiência de conversão do alimento ingerido (%) indica a quantidade de alimentos ingeridos pelos insetos e incorporada como biomassa. Letras diferentes indicam $p < 0,05$.

Discussão

O gênero *Hymenaeae* têm oferecido diversas moléculas bioativas, cerca de 130 compostos foram identificados a partir de extratos brutos, óleos essenciais e derivados. Como observado em *H. stigonocarpa*, *H. palustris*, *H. intermedia* e *H. courbaril*, estas espécies são descritas na literatura como apresentando atividade antimicrobiana contra *S. aureus* (Rodrigues et al., 2012), *Enterococcus faecalis* e *Neisseria gonorrhoeae* (Pettit et al., 2003), *Mycobacterium tuberculosis* (Oliveira, 2011), *Cladosporium cucumerinum*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* (Cáceres et al., 1991). *Hymenaeae martiana*, utilizada no tratamento de inflamações e reumatismo, se destacou como a representante mais importante do grupo de plantas usadas no

tratamento de doenças dos tecidos esquelético, muscular e conjuntivo (Oliveira et al., 2012).

Os óleos essenciais de várias espécies do gênero *Hymenaeae* têm sido caracterizados como misturas complexas, cuja composição predominante é de compostos pertencentes às classes de monoterpenos e sesquiterpenos (Meccia et al., 2000). Os terpenos abrangem uma grande variedade de substâncias de origem vegetal e sua importância ecológica como defensivos de plantas encontram-se bem estabelecida. Dentro desse grupo os sesquiterpenos, β -cariofileno e óxido de cariofileno são compostos encontrados em diversos óleos essenciais, e ambos possuem interessantes propriedades biológicas (Harborne, 1993), dentre elas, a toxicidade frente á diferentes espécies de insetos. Lee et al. (2008) observaram que β -carofileno é altamente tóxico para diversos

insetos via fumigante e contato residual. Esse fato pode explicar a ação tóxica do óleo essencial do jatobá, causando efeito negativo na mortalidade e oviposição sobre os ácaros que sobreviveram.

Entretanto, a composição química se identificou 46,32% de monoterpenose o efeito acaricida do óleo também pôde ser atribuído a estes, uma vez que inibem a enzima acetilcolinesterase e o citocromo P450 monoxigenase-dependente e agem no sistema nervoso octopaminérgico (Ryan & Byrne, 1988; De-Oliveira et al., 1997). Estes eventos contribuem para que ocorra redução populacional da praga na próxima geração. Pontes et al. (2007) avaliou o óleo essencial do fruto de *Protium heptaphyllum* (Burseraceae) que também causou repelência do ácaro-rajado, reduzindo a alimentação e, conseqüentemente, a fecundidade.

Estudos sobre os efeitos letais dos óleos essenciais são de grande relevância nos programas de controle de pragas, pois as concentrações podem influenciar de modo positivo ou negativo o desempenho das espécies nos agroecossistemas, como por exemplo, no comportamento sexual alimentar, crescimento populacional, reprodução e longevidade (Foerster & Nakama, 2002).

Os inseticidas botânicos contêm inúmeros compostos biologicamente ativos capazes de interações diversas sobre populações de pragas. A ação contra algumas pragas foi sugerida por um modo de ação neurotóxico, e há evidências que indicam a interferência do óleo sobre o neuromodulador octopamina (Kostyukovsky, et al., 2002) e com canais de cloreto controlados pelo GABA (Ácido gama-aminobutírico) (Priestley, et al., 2003). Essa característica permite que esses metabolitos sejam usados para proteção de produtos armazenados, susceptíveis a ação de pragas. Além disso, na sua maioria os óleos essenciais apresentam baixa toxicidade para mamíferos, aves e peixes (Isman, 2011).

A mortalidade observada nos ácaros rajado pode ocorrer devido à constituição complexa dos óleos essenciais, capazes de reduzir o número de ovos e a inibição da oviposição alterando a reprodução dos insetos (Krinski et al., 2018). Estudos anteriores relatam a capacidade dos óleos essenciais em reduzir a fecundidade em *T. urticae* (Pontes et al., 2010; Ribeiro et al., 2016), mas sem indicação se esta redução na fecundidade se devia às propriedades dos óleos ou à morte de ácaros.

O óleo do jatobá atuou sobre o comportamento do ácaro rajado através da ingestão desse complexo de constituintes, visto que o artrópode escarifica o tecido vegetal para se alimentar, dessa forma, os diversos constituintes

do óleo essencial atuam no sistema nervoso central e o organismo do artrópode não consegue desenvolver mecanismos suficientes para agir contra o ataque dessas diversas substâncias (Moreira, 2004). Esse resultado pode ser explicado devido aos diferentes modos de ação que esses metabolitos especiais podem apresentar para diferentes espécies, sem excluir o possível efeito sinérgico de outros constituintes do óleo, em pequenas quantidades, que podem ter mascarado a reconhecida atividade acaricida de ambos os monoterpenos, descritos por Sutherst et al. (1982).

A fumigação é o método mais comumente utilizado para o controle de pragas em produtos armazenados porque é geralmente barato, rápido, eficaz contra insetos em todas as fases da vida e aplicação direta de insetos é possível (Nenaah, 2014; Arena et al., 2017). Produtos naturais podem ser utilizados em pequena escala por agricultores para proteger grãos armazenados de infestação dos insetos. Diversas plantas aromáticas têm sido usadas para proteger grãos e leguminosas armazenados de pragas (Ngamo et al., 2007; Qin Li et al., 2011).

A perda de peso observada para o gorgulho do milho pode ser explicada devido ao consumo do óleo, alterando os processos de ingestão e a absorção, de modo que o inseto começa a metabolizar as suas reservas corporais para sobreviver. Esses resultados indicam que os insetos não conseguiram incorporar a dieta e que a quantidade de comida ingerida não foi suficiente para compensar os efeitos deletérios causados pelo óleo, resultando em perda de biomassa. Logo isso demonstrou que a incorporação do óleo das folhas do jatobá na dieta dos insetos, levou a um desequilíbrio no crescimento e na fisiologia do inseto (Napoleão et al., 2013).

O óleo de jatobá foi menos eficaz do que o brometo de metila, que é capaz de matar adultos *S. zeamais* com CL_{50} de $0,67 \mu\text{L.mL}^{-1}$ (Liu & Ho, 1999). No entanto, esses inseticidas fumigantes utilizados atualmente são altamente tóxicos para humanos (Nath et al., 2011), indicando que o óleo de jatobá seria uma alternativa eficiente, menos tóxica e mais ecologicamente correta na substituição do brometo de metila. Nos últimos anos, tem havido um esforço considerável para avaliar o potencial dos metabolitos secundários das plantas como fontes de agentes de controle e conseqüentemente, novas fontes para a concepção de moléculas alvo-específicas (Ateyyat et al., 2009). O cálculo dos valores do índice de deterrência alimentar (IDA) indicou efeito leve de deterrência alimentar nas maiores concentrações. O efeito deterrente alimentar de preparações

vegetais e produtos inseticidas pode ocorrer devido à presença de componentes deletérios, associados ao aparelho bucal do inseto ou de um processo de intoxicação com grande potencial em impedir a ação danosa da praga, bem como causar morte (Napoleão et al., 2013).

Conclusão

Através da caracterização química do óleo de jatobá foi possível averiguar a presença de diversos componentes descritos na literatura com efeitos inseticidas. Na atividade acaricida, o óleo causou alterações na redução da eficiência reprodutiva e da longevidade, afetando o comportamento do ácaro rajado. Pode-se concluir também que tal óleo é fonte de compostos com ação deletéria sobre a fisiologia nutricional do gorgulho de milho adulto, pois pode causar interferência tóxica nas funções bioquímicas e fisiológicas de ambas as pragas estudadas.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo indispensável apoio e financiamento para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

ABDEL-KADER, M.; BERGER, J. M.; SLEBODNICK, C.; HOCH, J.; MALONE, S.; WISSE, J. H.; WERKHOVEN, M. C. M.; MAMBER, S.; KINGSTON, D. G. I. 2002. Isolation and Absolute Configuration of ent-Halimane Diterpenoids from *Hymenaea courbaril* from the Suriname Rain Forest I. J. Nat. Prod., v. 65, n. 1, p. 11-15.

ADAMS, R. P. 2005. Identification of essential oil components by gas chromatography-quadrupole mass spectroscopy. Allured Pub. Corp., 4th Edition.

ARAÚJO JÚNIOR, C. P.; CAMARA, C.A.G. DA; NEVES, I. A.; RIBEIRO, N. DE C.; GOMES, C. A.; MORAES, M. M. DE; BOTELHO, P. DE S. 2010. Acaricidal activity against *Tetranychus urticae* and chemical composition of peel essential oils of three Citrus species cultivated in NE Brazil. Nat. Prod. Commun., v. 5, n. 3, p. 471-476.

ARENA, J. S.; PESCHIUTTA, M. L.; CALVIMONTE, H.; ZYGADLO, J. A. 2017. Fumigant and repellent activities of different essential oils alone and combined against the

maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). MOJ Bioorganic Org. Chem., v. 1, p. 1-6.

ASLAN, I.; ÖZBEK, H.; ÇALMAŞUR, Ö.; ŞAHİN, F. 2004. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. Ind. Crops Prod., v. 19, n. 2, p. 167-173.

ATEYYAT, M. A.; AL-MAZRA, M.; ABURJAI, T.; SHATNAWI, M.A. 2009. Aqueous extracts of some medicinal plants are as toxic as Imidacloprid to the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. J. Insect Sci., v. 9, n. 15, p. 1-7.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. 2008. Biological effects of essential oils—a review. Food and Chemical Toxicology, v. 46, n. 2, p. 446-475.

BOTTON, M.; LORINI, I.; AFONSO, A. P. S. 2005. *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) Damaging Vineyards in Rio Grande do Sul, Brazil. Neotrop. Entomol., v. 34, n. 2, p. 355-356.

BUCKERIDGE, M. S.; CROMBIE, H. J.; MENDES, C. J. M.; REID, J. S. G.; GIDLEY, M. J.; VIEIRA, C. C. J. 1997. A new family of oligosaccharides from the xyloglucan of *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae) cotyledons. Carbohydr. Res., v. 303, n. 2, p. 233-237.

CÁCERES, A.; JAUREGUI, E.; HERRERA, D.; LOGEMANN, H. 1991. Plants used in Guatemala for the treatment of dermatomucosal infections. 1: Screening of 38 plant extracts for anticandidal activity. J. Ethnopharmacol., v. 33, n. 3, p. 277-283.

CHAVES, E. M. F.; BARROS, R. F. M. 2012. Diversidade e uso de recursos medicinais do carrasco na APA da Serra da Ibiapaba, Piauí, Nordeste do Brasil. Rev. Bras. Plantas Med., v. 14, n. 3, p. 476-486.

COE, F. G.; ANDERSON, G. J. 2016. Ethnobotany of the garífuna of Eastern Nicaragua. New York Bot. Gard. Press, v. 50, n. 1, p. 71-107.

COITINHO, R. L. B. DE C.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM, M. G. C.; CÂMARA, C. A. G. 2011. Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). Cienc. e Agrotecnol., v. 35, n. 1, p. 172-178.

- DE-OLIVEIRA, A. C. A. X.; RIBEIRO-PINTO, L. F.; PAUMGARTTEN, F. J. R. 1997. *In vitro* inhibition of CYP2B1 monooxygenase by β -myrcene and other monoterpenoid compounds. *Toxicol. Lett.*, v. 92, n. 1, p. 39-46.
- DIAS, L. S.; LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. 2013. Physicochemical and bioactive properties of *Hymenaea courbaril* L. pulp and seed lipid fraction. *Ind. Crops Prod.*, v. 49, p. 610-618.
- FAZOLIN, M.; COSTA, C. R.; DAMACENO, J. E. DE O.; DE ALBUQUERQUE, E. S.; CAVALCANTE, A. S. DA S.; ESTRELA, J. L. V. 2010. Fumigation of maize for weevil control using *Tanaecium nocturnum* (Bignoniaceae). *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v. 45, n. 1, p. 1-6.
- FOERSTER, L. A.; NAKAMA, P. A. 2002. Efeito da estocagem em baixa temperatura na capacidade reprodutiva e longevidade de *Trissolcus basalis* (Wollaston) e *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). *Neotrop. Entomol.*, v. 31, n. 1, p. 115-120.
- GNANKINÉ, O.; BASSOLÉ, I. L. H. N. 2017. Essential oils as an alternative to pyrethroids' resistance against anopheles species complex giles (Diptera:Culicidae). *Molecules*, v. 22, n. 10, p. 23.
- HARBORNE, J. B. 1993. Recent Advances in chemical Ecology. *Nat. Prod. Rep.*, v. 6, n. 2, p. 85-109.
- HEINRICH, M.; RIMPLER, H.; BARRERA, N. A. 1992. Indigenous phytotherapy of gastrointestinal disorders in a lowland Mixe community (Oaxaca, Mexico): Ethnopharmacologic evaluation. *J. Ethnopharmacol.*, v. 36, n. 1, p. 63-80.
- ISMAN, M. B.; MIRESMALLI, S.; MACHIAL, C. 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochem. Rev.*, v. 10, n. 2, p. 197-204.
- KAMANULA, J. F.; BELMAIN, S. R.; HALL, D. R.; FARMAN, D. I.; GOYDER, D. J.; MVUMI, B. M.; MASUMBU, F. F.; STEVENSON, P. C. 2017. Chemical variation and insecticidal activity of *Lippia javanica* (Burm. f.) Spreng essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Ind. Crops Prod.*, v. 110, p. 75-82.
- KOSTYUKOVSKY, M.; RAFAELI, A.; GILEADI, C.; DEMCHENKO, N.; SHAAAYA, E. 2002. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: Possible mode of action against insect pests. *Pest Manag. Sci.*, v. 58, n. 11, p. 1101-1106.
- KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A.; DESCHAMPS, C. 2018. Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian piper species: Controlling *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. *Acta Sci. Agron.*, v. 40, n.1, p.10.
- LEE, E. J.; KIM, J. R.; CHOI, D. R.; AHN, Y. J. 2008. Toxicity of cassia and cinnamon oil compounds and cinnamaldehyde-related compounds to *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.*, v. 101, n. 6, p. 1960-1966.
- LIU, Z. L.; HO, S. H. 1999. Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.*, v. 35, n. 4, p. 317-328.
- MAZZOLENI, E. M.; OLIVEIRA, L. G. DE. 2010. Inovação tecnológica na agricultura orgânica: estudo de caso da certificação do processamento pós-colheita. *Rev. Econ. e Sociol. Rural.*, v. 48, n. 3, p. 567-586.
- MECCIA, G.; ROJAS, L. B.; ROSQUETE, C.; SAN FELICIANO, A. 2000. Essential oil of *Croton ovalifolius* Vahl from Venezuela. *Flavour Fragr. J.*, v. 15, n. 3, 144-146.
- MILLIKEN, W. 2016. Traditional Anti-Malarial Medicine in Roraima, Brazil. *Econ. Bot.*, v. 51, n. 3, p. 212-237.
- MOREIRA, M. D.; PIKANÇO, M. C.; BARBOSA, L. C. DE A.; GUEDES, R. N. C.; SILVA, É. M. 2004. Toxicity of leaf extracts of *Ageratum conyzoides* to lepidoptera pests of horticultural crops. *Biol. Agric. Hortic.*, v. 22, n. 3, p. 251-260.
- NAPOLEÃO, T. H.; BELMONTE, B. DO R.; PONTUAL, E. V.; DE ALBUQUERQUE, L. P.; SÁ, R. A.; PAIVA, L. M.; COELHO, L. C. B. B.; PAIVA, P. M. G. 2013. Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.*, v. 54, p. 26-33.

- NATH, N. S.; BHATTACHARYA, I.; TUCK, A. G.; SCHLIPALIUS, D. I.; EBERT, P. R. 2011. Mechanisms of phosphine toxicity. *J. Toxicol.*, v. 2011, p. 9.
- NENAAH, G. E. 2014. Chemical composition, toxicity and growth inhibitory activities of essential oils of three *Achillea* species and their nano-emulsions against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Ind. Crops Prod.*, v. 53, p. 252-260.
- NGAMO, L.; GOUDOUM, A.; MARTIN, N.; MAPONGMETSEM, B.; LOGNAY, G.; MALAISSE, F.; HANCE, T. 2007. Chronic toxicity of essential oils of 3 local aromatic plants toward *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera:Curculionidae). *African J. Agric. Res.*, v. 2, n. 4, p. 164-167.
- OLIVEIRA, V. B.; YAMADA, L. T.; FAGG, C. W.; BRANDÃO, M. G. L. 2012. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. *Food Res. Int.*, v. 48, n. 1, p. 170-179.
- ORSI, P. R., BONAMIN, F., SEVERI, J. A., SANTOS, R., VILEGAS, W., HIRUMA-LIMA, C. A., DI STASI, L. C. 2012. *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne: A Brazilian medicinal plant with gastric and duodenal anti-ulcer and anti-diarrheal effects in experimental rodent models. *J. Ethnopharmacol.*, v. 143, n. 1, p. 81-90.
- PAVARINI, D. P.; PAVARINI, S. P.; NIEHUES, M.; LOPES, N. P. 2012. Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 176, p. 5-16.
- PAVELA, R.; SEDLÁK, P. 2018. Post-application temperature as a factor influencing the insecticidal activity of essential oil from *Thymus vulgaris*. *Ind. Crops Prod.*, v. 113, n. 8, p. 46-49.
- PAVELA, R.; DALL'ACQUA, S.; SUT, S.; BALDAN, V.; NGAHANG KAMTE, S. L.; NYA, P. C. B.; CAPPELLACCI, L.; PETRELLI, R.; NICOLETTI, M.; CANALE, A.; MAGGI, F.; BENELLI, G. 2016. Oviposition inhibitory activity of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) polar extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, v. 101, n. 1, p. 1-8.
- PETTIT, G. R.; MENG, Y.; STEVENSON, C. A.; DOUBEK, D. L.; KNIGHT, J. C.; CICHACZ, Z.; PETTIT, R. K.; CHAPUIS, J. C.; SCHMIDT, J. M. 2003. Isolation and structure of palstatin from the amazon tree *Hymenaea palustris*. *J. Nat. Prod.*, v. 66, n. 2, p. 259-262.
- PONTES, W. J. T.; OLIVEIRA, J. C. G.; CÂMARA, C. A. G.; LOPES, A. C. H. R.; GONDIM-JÚNIOR, M. G. C.; OLIVEIRA, J. V.; BARROS, R.; SCHWARTZ, M. O. E. 2007. Chemical composition and acaricidal activity of the leaf and fruit essential oils of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae). *Acta Amaz.*, v. 37, n.1, p. 103-109.
- PONTES, W. J. T.; SILVA, J. M. O.; DA CAMARA, C. A. G.; GONDIM-JÚNIOR, M. G. C.; OLIVEIRA, J. V.; SCHWARTZ, M. O. E. 2010. Chemical composition and acaricidal activity of the essential oils from fruits and leaves of *Protium bahianum* daly. *J. Essent. Oil Res.*, v. 22, n. 3, p. 279-282.
- PRIESTLEY, C. M.; WILLIAMSON, E. M.; WAFFORD, K. A.; SATTELLE, D. B. 2003. Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABA A receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. *Br. J. Pharmacol.*, v. 140, n. 8, p. 1363-1372.
- PROCÓPIO, T. F.; BELMONTE, B. DO R.; PAIVA, P. M. G.; AGRA-NETO, A. C.; PONTUAL, E. V.; NAPOLEÃO, T. H. 2015. Interferência do extrato aquoso de folhas de *Tradescantia spathacea* na fisiologia nutricional do gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais*. *Arrudea*, v. 1, p. 24-27.
- QIN LI, H.; QI BAI, C.; CHU, S.; ZHOU, L.; SHAN DU, S.; LIU, Z. L.; QI-ZHI, L. 2011. Chemical composition and toxicities of the essential oil derived from *Kadsura heteroclita* stems against *Sitophilus zeamais* and *Meloidogyne incognita*. *J. Med. Plant Res.*, v. 5, n. 19, p. 4943-4948.
- RESTELLO, R. M.; MENEGATT, C.; MOSSI, A. J. 2009. Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Rev. Bras. Entomol.*, v. 53, n. 2, p. 304-307.
- RIBEIRO, N.; CAMARA, C.; RAMOS, C. 2016. Toxicity of essential oils of *Piper marginatum* Jacq. against *Tetranychus urticae* Koch and *Neoseiulus californicus* (McGregor). *Chil. J. Agric. Res.*, v. 76, n. 1, p. 71-76.

RYAN, M. F.; BYRNE, O. 1988. Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *J. Chem. Ecol.*, v. 14, n. 10, p. 1965-1975.

SIEGWART, M.; GRAILLOT, B.; BLACHERE LOPEZ, C.; BESSE, S.; BARDIN, M.; NICOT, P.C.; LOPEZ-FERBER, M. 2015. Resistance to bio-insecticides or how to enhance their sustainability: a review. *Front. Plant Sci.*, v. 6, n. 6, p. 1-19.

SILVA, L. L.; GARLET, Q. I.; KOAKOSKI, G.; OLIVEIRA, T. A.; BARCELLOS, L. J. G.; BALDISSEROTTO, B.; HEINZMANN, B. M. 2015. Effects of anesthesia with the essential oil of *Ocimum gratissimum* L. in parameters of fish stress. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 17, n. 2, p. 215-223.

SUTHERST, R. W.; JONES, R. J.; SCHNITZERLING, H. J. 1982. Tropical legumes

of the genus *Stylosanthes* immobilize and kill cattle ticks. *Nature*, v. 295, p. 320.

SUZUKI, R.; MATSUSHITA, Y.; IMAI, T., SAKURAI, M.; HENRIQUES DE JESUS, J. M.; OZAKI, S. K.; FINGER, Z.; FUKUSHIMA, K. 2008. Characterization and antioxidant activity of Amazonian woods. *J. Wood Sci.*, v. 54, n. 2, p. 174-178.

VAN DEN DOOL, H. & DEC. KRATZ, P., 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J. Chromatogr.*, v. 11, n. 3, p. 463-471.

VOON, H. C.; BHAT, R.; RUSUL, G. 2012. Flower extracts and their essential oils as potential antimicrobial agents for food uses and pharmaceutical applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 11, n. 1, p. 34-55.