

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INSETICIDA E FAGOINIBIDOR DO ÓLEO ESSENCIAL DE *PLUCHEA SAGITTALIS* (ASTERACEAE) SOBRE LARVAS DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

*CHEMICAL CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF THE INSECTICIDAL AND ANTIFEEDANT POTENTIAL OF THE ESSENTIAL OIL OF *PLUCHEA SAGITTALIS* (ASTERACEAE) AGAINST LARVAE OF *SPODOPTERA FRUGIPERDA* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)*

*CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL INSECTICIDA Y FAGOINHIBITORIO DEL ACEITE ESENCIAL DE *PLUCHEA SAGITTALIS* (ASTERACEAE) SOBRE LARVAS DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)*

Luiz Octávio Gonzales Ferreira

E-mail: luizoctavio_gonzales@hotmail.com

Ademir Kleber Morbeck de Oliveira

E-mail: akmorbeckoliveira@gmail.com

Silvio Favero

E-mail: favero.silvio@gmail.com

Nayara Zielasko Trombini Garcia

E-mail: nayztg@hotmail.com

Heidíne Jussáine Simões Malaquias

E-mail: heidinemalaquias@hotmail.com

Ildenice Nogueira Monteiro

E-mail : ildenicenmonteiro@yahoo.com.br

Odair dos Santos Monteiro

E-mail: odairsmonteiro@yahoo.com.br

Rosemary Matias

E-mail: rosematiasc@gmail.com

ABSTRACT:

Research into the use of natural products to control agricultural pests has been increasing, and essential oils stand out, produced through the secondary metabolism of plants and rich in terpenoid compounds with insecticidal action. Thus, the present study aimed to evaluate the insecticidal and antifeedant potential of the essential oil of *Pluchea sagittalis* against *Spodoptera frugiperda*, one of the major pests of maize crops, with collection of botanical material in the Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul. Chemical composition was determined by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry, identifying 43 constituents and corresponding to 99.9% of the total oil composition. The predominant constituents were 1,8-cineole (29.3%), α -pinene (16.3%), β -pinene (15.5%) and camphor (13.9%). The bioassays performed included Acute Topical Toxicity indicating LD₅₀ of 0.32 μ L/insect and an LD₉₀ of 0.45 μ L/insect (Lethal Dose), as well as an LC₅₀ of 0.67 μ L/cm² and an LC₉₀ of 1.05 μ L/cm² (Lethal Concentration). In the no-choice antifeedant test, the Deterrence Coefficient was within the scale of weak deterrence, whereas in the choice test, weak to moderate deterrence. The essential oil showed insecticidal and phagoinhibitory potential, demonstrating its potential use.

KEYWORDS: Sustainable agriculture; Pest management; Botanical insecticide; Arnica; Fall armyworm.

RESUMO:

As pesquisas com a utilização de produtos naturais para o controle de pragas agrícolas vêm aumentando e os óleos essenciais se destacam, produzidos por meio do metabolismo secundário das plantas e ricos em compostos terpenoides com ação inseticida. Desta forma, objetivou-se avaliar o potencial inseticida e fagoinibidor do óleo essencial de *Pluchea sagittalis* sobre *Spodoptera frugiperda*, uma das principais pragas da cultura do milho, com coleta de material botânico no Pantanal de Miranda, Mato Grosso do Sul. A composição química foi determinada por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas, identificando 43 constituintes e correspondendo a 99,9% da composição total no óleo. Ocorreu a predominância dos constituintes majoritários 1,8-Cineol (29,3%), α -pineno (16,3%), β -pineno (15,5%) e canfora (13,9%). Os bioensaios realizados foram de Toxicidade Aguda Tópica, indicando DL50 de 0,32 μ L.inseto e DL90 de 0,45 μ L.inseto (Dose Letal) e, CL50 de 0,67 μ L.cm-2 e CL90 1,05 μ L.cm-2 (Concentração Letal). No teste de fagoinibição sem chance de escolha, o Coeficiente de Deterência ficou dentro da escala de pouca deterência, enquanto o Coeficiente de Deterência no teste de fagoinibição com chance de escolha, pouca deterência a boa deterência. O óleo essencial apresentou potencial inseticida e fagoinibidor demonstrando seu potencial de utilização.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura sustentável; Controle de pragas; Inseticida botânico; Arnica; Lagarta do cartucho.

RESUMEN:

La investigación sobre el uso de productos naturales para el control de plagas agrícolas ha ido en aumento, destacando los aceites esenciales. Estos se producen mediante el metabolismo secundario de las plantas y son ricos en compuestos terpenoides con acción insecticida. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial insecticida y fagoinhibitorio del aceite

esencial de *Pluchea sagittalis* contra *Spodoptera frugiperda*, uma importante praga do milho. Se coletou material botânico em o Pantanal Miranda, Mato Grosso do Sul. A composição química se determinou mediante cromatografia de gases acoplada a espectrometria de massas, identificando 43 constituintes (99,9% composição total). Os constituintes majoritários foram 1,8-cineol (29,3 %), α -pineno (16,3 %), β -pineno (15,5 %) e alcanfor (13,9 %). Os bioensaios realizados para toxicidade tóxica aguda indicaram uma DL50 de 0,32 $\mu\text{L}/\text{inseto}$ e uma DL90 de 0,45 $\mu\text{L}/\text{inseto}$ (Dose Letal), assim como uma CL50 de 0,67 $\mu\text{L}/\text{cm}^{-2}$ e uma CL90 de 1,05 $\mu\text{L}/\text{cm}^{-2}$ (Concentração Letal). Em a prova de fagoinibição sem eleição, o coeficiente de dissuasão se situou em o rango baixo, enquanto que em a prova de fagoinibição com eleição variou de baixo a alto. O óleo essencial demonstrou potencial inseticida e fagoinibitório, o que demonstra su potencial uso.

PALABRAS CLAVE: Agricultura sustentável; Controle de pragas; Inseticida botânico; Árnica; Gusano cogollero.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil e uma importante fonte de renda para produtores. Sua produção e área de cultivo vem crescendo no decorrer dos anos, sendo que na safra 2022/2023 o Brasil cultivou 22,3 milhões de hectares, com uma produção de 131 milhões de toneladas (IBGE, 2025). Entretanto uma das características das grandes monoculturas é a facilidade de propagação de certas pragas agrícolas, que podem afetar sua produtividade, levando a importantes perdas.

No cultivo do milho, uma das mais conhecidas é a lagarta do cartucho do milho [*Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)], nativa das regiões (sub) tropicais da América do Norte e do Sul, uma espécie polífaga que causa danos significativos em várias culturas importantes (Boaventura et al., 2020). Seu controle é realizado por meio da utilização constante de piretróides e organofosforados nas lavouras; porém neste processo, ocorreu a seleção de populações resistentes de *S. frugiperda*, reduzindo a eficiência destes grupos químicos (Carvalho et al., 2013; Moraes et al., 2021).

Deste modo surgiram casos de resistência já relatados para lambda-cialotrina, clorpirifós e lufenuron (Diez-Rodríguez; Omoto, 2001; Carvalho et al., 2013; Nascimento et al., 2016). Buscando um melhor controle, sem os custos e riscos de aplicações sucessivas de inseticidas, buscou-se outros métodos para controlar a praga, tal como o milho com o gene Bt (*Bacillus thuringiensis*), um milho transgênico que realiza a síntese de uma proteína tóxica (Carneiro et al., 2009). Entretanto, também foram relatados casos de seleção de indivíduos resistentes às toxinas Cry1F e Cry1Ab (Farias et al., 2014; Omoto et al., 2016; Burtet et al., 2017).

Por estes motivos, novas metodologias vêm sendo estudadas para o controle e na busca por métodos alternativos, pesquisas utilizando extratos de plantas e óleos essenciais com potencial inseticida são um novo caminho (Alves et al., 2024). Os óleos essenciais contém muitos compostos químicos e entre estes, diversos possuem múltiplas propriedades relacionadas ao controle de pragas, tais como ação de toxicidade, repelência, deterrência alimentar e de oviposição (Souza et al., 2021a). Por serem substâncias voláteis, possuem baixo efeito residual, sendo considerados biodegradáveis (Koul; Walia, 2009).

Segundo Simões et al. (2016), os óleos essenciais podem possuir diversas substâncias como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas, e os terpenos, seu composto majoritário. Estas estruturas podem ser consideradas substâncias com baixo risco para o ambiente e saúde humana, pois as moléculas presentes nos óleos atuam apenas no sítio de ligação octopaminérgico presente no sistema nervoso do inseto, causando uma disruptura na comunicação neural e acarretando a morte do indivíduo (Isman; Grieneisen, 2014; Corrêa et al., 2023).

Nesse contexto, a espécie *Pluchea sagittalis* (Lam.) Cabrera, conhecida popularmente como arnica, quitoco, madrecravo ou tabacarana, um arbusto frequente nas regiões sul e sudeste do Brasil (Lorenzi; Matos, 2021), pode ser importante. A espécie também é encontrada no Pantanal Sul-Mato-Grossense, uma planície de inundação sazonal encontrada no extremo oeste do estado de Mato Grosso do Sul (Paranhos Filho et al., 2014). Por ser uma área sujeita a estresses periódicos, as espécies encontradas na região apresentam uma série de adaptações ecológicas, que as tornam importantes e uma possível fonte de metabolitos de interesse (Scremin-Dias et al., 2011).

A espécie é uma planta aromática, com trabalhos indicando sua ação antioxidante, antiviral, antibacteriana e antimicrobiana (Ahemd; Kamel, 2013; Freitas et al., 2022). Martino et al. (1984), ao realizarem análises de composição química de seu óleo, identificaram a presença de d-a-pineno, d-canfeno, cineol, p-cimeno, linalolol, l-cânfora, alfa-terpineol, borneol, cariofileno e humuleno. Já Arriaga et al. (2006) identificaram no óleo essencial Δ -cadineno (25,3%), 1,8-cineol (17,3%), α -copaeno (6,5%), 10-epi- γ -eudesmol (5,5%), β -cariofileno (4,1%), α -terpineol (4%) e espatulenol (3,4%), entre outros compostos em menor quantidade.

Levando-se em consideração o potencial de utilização de óleos essenciais no controle de pragas agrícolas, objetivou-se realizar a caracterização química e avaliar o potencial inseticida e fagoinibidor do óleo essencial de *Pluchea sagittalis* no controle de *Spodoptera frugiperda*.

METODOLOGIA

COLETA DAS PLANTAS E OBTENÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

As plantas foram coletadas nas primeiras horas da manhã (entre 7 e 8 h) na Fazenda Baía Grande (20°25'30.5" S + 56°20'36.8" W), município de Miranda, Pantanal de Miranda, Mato Grosso do Sul. O material foi acondicionado em caixa térmica e encaminhado ao Laboratório de Pesquisa da Universidade Anhanguera-Uniderp, sendo as folhas frescas trituradas em liquidificador com 1 litro de água destilada, por 3 minutos. Logo após, o líquido obtido foi vertido em um balão volumétrico com capacidade de 2 litros e levado ao aparelho de extração Clevenger. O processo de extração se baseia em hidrodestilação por 2 horas das substâncias voláteis presentes, de acordo com os procedimentos descritos por Conte et al. (2002).

ANÁLISE DOS CONSTITUINTES QUÍMICOS DO ÓLEO ESSENCIAL

As análises foram realizadas por meio de equipamentos de cromatografia em fase gasosa (CG-DIC) e cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM), realizadas no Laboratório de Produtos Naturais, Universidade Federal do Maranhão.

A identificação dos constituintes foi executada por meio de amostras injetadas no sistema (CG-EM) utilizando uma coluna capilar de sílica fundida Rxi-5ms (Restek Corporation, Bellefonte, PA) de 30 m x 0,25 mm (diâmetro) x 0,25 µm (espessura da película), revestida com 5% de difenildimetilpolisiloxano. As condições de análise foram: temperatura do injetor (250 °C); programação de temperatura do forno de 60-240 °C (3 °C/min); hélio (99.995%) como gás transportador, ajustado a uma velocidade linear de 36,5 cm/sec (taxa de 1,0 mL min⁻¹); injeção no modo split de 1 uL da amostra (5 uL do óleo essencial em 500 uL de hexano); razão split 1:20; ionização por impacto eletrônico (EI) 70 eV; temperatura da fonte de ionização (200 °C) e linha de transferência (250 °C). Os espectros de massa foram obtidos por varredura automática, a 0,3 segundos, com fragmentos de massas na faixa de 35-400 m/z. Os compostos existentes nos cromatogramas foram identificados por meio da comparação de seus espectros de massas (massa molecular e padrão de fragmentação) com os espectros existentes na biblioteca do sistema e literatura, além da comparação de seus índices de retenção (NIST, 2014; Adams, 2017).

Os índices de retenção foram calculados de acordo com a equação linear de Van Den Dool e Kratz (1963), que relaciona o tempo de retenção dos compostos ao tempo de retenção de uma série de hidrocarbonetos homólogos. Para isso, foi plotada uma curva de calibração com

uma série de n-alcanos C8-C20 (Sigma-Aldrich) injetados nas mesmas condições cromatográficas das amostras.

Para a quantificação dos compostos, as amostras foram injetadas no sistema (CG-DIC) nas seguintes condições: coluna capilar de sílica fundida Rtx-5ms (Restek Corporation) de 30 m x 0,25 mm (diâmetro) x 0,25 µm (espessura da película), revestida com 5% de difenildimetilpolisiloxano; temperatura do injetor (250 °C); temperatura do detector DIC (260 °C); injeção no modo split de 1 uL da amostra (5 uL do óleo essencial em 500 uL de hexano); razão split 1:20; programação de temperatura do forno de 60-240 °C (3 °C/min); hélio (99.995%) como gás transportador, ajustado a uma velocidade linear de 36,5 cm/sec (taxa de 1,62 mL min⁻¹). Hidrogênio (40 mL/min) e ar (400 mL/min) foram utilizados no CG-DIC, com nitrogênio (30 mL/min) agindo como gás de compensação.

CRIAÇÃO DE INSETOS

A criação foi feita no Laboratório de Entomologia da Universidade Anhanguera-Uniderp, com as lagartas sendo alimentadas em dieta artificial de Greene et al. (1976) adaptada por Panizzi e Parra (2009), em tubos de vidro (2,5×8,5 cm), em sala climatizada 27±2 °C e umidade relativa de 70±5%. Ao chegarem ao estágio de pupas, foram sexadas e levadas a gaiolas de tubo de PVC (10 cm de diâmetro x 10 cm de altura), revestidas internamente com papel sulfite para servir de substrato para a postura dos ovos; após ocorrer a emergência das mariposas, a alimentação foi baseada em solução de mel a 10%. No início do período de postura, foi feita a manutenção diária para a retirada dos ovos, que eram colocados em placas de Petri (90x10 mm) mantidas em sala climatizada (temperatura = 27±2 °C, umidade relativa = 70±5% e, fotoperíodo = 12 horas). Após a eclosão das larvas, elas eram transferidas para tubos contendo dieta artificial, iniciando-se o novo ciclo.

BIOENSAIOS

EXPOSIÇÃO POR APLICAÇÃO TÓPICA

Os pré-testes foram realizados para determinar a faixa dose mortalidade de zero a 100% e após sua determinação, foram obtidas 4 concentrações em progressão geométrica para a determinação da curva dose-mortalidade (28, 31, 35 e 39%), além do controle, contendo apenas solvente (acetona) (10 repetições por concentração, total de 50 repetições).

O bioensaio foi constituído na aplicação de 1 µL de cada concentração (ou solvente) na região protorácica do inseto com 10 dias de vida; posteriormente, as lagartas foram acondicionadas em placas de Petri (90 x 10 mm de diâmetro) forradas com papel filtro, contendo a mesma dieta artificial da criação. Após 24 h, foi avaliada a mortalidade utilizando um pincel filete 110 cerda macia; cada lagarta sofria um sutil toque e não havendo nenhuma resposta ao toque, eram consideradas mortas, com o mesmo procedimento feito por dose e repetição. Os dados obtidos foram tabulados e calculados as Doses Letais 50 e 90 (DL₅₀ e DL₉₀), análise de Probit (Finney, 2009).

EXPOSIÇÃO POR SUPERFÍCIE DE CONTATO

As diluições foram obtidas em testes preliminares, determinando as faixas da taxa de mortalidade próxima de zero e 100%. Após a determinação, foram obtidas 3 concentrações em progressão geométrica para a determinação da curva dose-mortalidade (8, 10 e 12,5%), além do controle, contendo apenas o solvente (acetona).

Foram aplicados 0,5 mL de solução (ou solvente) em todo o papel filtro de 90 mm de diâmetro, sendo os mesmos mantidos em placas de Petri de igual tamanho, abertas até ocorrer a evaporação do solvente. Após sua evaporação, foi liberada sobre o papel filtro uma lagarta com 10 dias de vida, com 2 g de dieta artificial, sendo utilizadas 10 repetições por diluição (total de 40 repetições). Após 24 h, foi avaliada a mortalidade dos insetos utilizando o mesmo procedimento do teste por exposição por aplicação tópica. Os dados obtidos foram submetidos à análise de Probit (Finney, 2009), obtendo-se as Concentrações Letais de 50 e 90 (CL₅₀ e CL₉₀).

FAGOINIBIÇÃO SEM CHANCE DE ESCOLHA

O bioensaio foi realizado conforme descrito por Escoubas et al. (1993), com adaptações propostas por Favero et al. (2002). O experimento consistiu em tratar discos de folhas milho de 4,48 cm² de área com as seguintes concentrações de óleo essencial: 0,125; 0,25; 0,5; 0,75; e, 1,0 µL.cm⁻², além do controle somente com solvente (acetona). Com auxílio de uma micropipeta, foi aplicado 10 µL das soluções nos discos, que ficaram expostos sobre papel kraft por 20 minutos para a evaporação do solvente. Posteriormente os discos foram acondicionados individualmente em placas de Petri de 60 mm, forradas com papel filtro umedecido com água destilada. Em cada placa foi liberada uma lagarta de 10 dias de vida, com 10 repetições para cada tratamento (60 repetições).

Após duas horas da liberação das lagartas, elas foram retiradas e os discos, digitalizados com auxílio de um scanner de mesa por meio do *software* QUANT, sendo calculada a área do disco consumida, utilizando-se o método proposto por Koul (2004) para classificar a inibição alimentar.

FAGOINIBIÇÃO COM CHANCE DE ESCOLHA

De acordo com método descrito por Escoubas et al. (1993) e adaptado por Favero et al. (2002), foi realizado em placas de Petri de 90 mm contendo dois discos de folhas de milho com 4,48 cm² de área, sendo um disco tratado e outro controle (opção de escolha para o inseto). Os discos tratados receberam a aplicação de 10 µL da solução com o auxílio de micropipeta, nas concentrações de 0,125; 0,25; 0,5; 0,75; e, 1,0 µL.cm⁻², além do controle, tratado somente com acetona. Em cada placa, forrada com papel filtro umedecido, os discos de folhas de milho foram colocados 1 cm equidistantes de um ponto central, onde foi liberada uma lagarta 10 dias de vida. Os demais procedimentos para análise foram semelhantes aos descritos para o teste sem chance de escolha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise cromatográfica identificou 43 compostos (Tabela 1), correspondendo a 99,9% da composição total no óleo essencial de *Pluchea sagittalis*, com a predominância de 1,8-Cineol (29,3%), α -pineno (16,3%), β -pineno (15,5%) e canfora (13,9%), com compostos majoritários na faixa entre 13,9 e 29,3% e os componentes minoritários, entre 0,07 e 3,8%.

Tabela 1 - Composição química (%), Índice de Retenção Calculado (IRC) e Índice de Retenção da Biblioteca (IRB), óleo essencial obtido de folhas de *Pluchea sagittalis* coletadas na Fazenda Baia Grande, Miranda, Mato Grosso do Sul

Constituintes	% dos constituintes	IRC	IRB
<i>trans</i> -hex-2-enal	0,5	853	846
α -pineno	16,28	934	932
Canfeno	2,04	948	946
β -pineno	15,47	978	974
Mirceno	3,0	996	988
<i>p</i> -cimeno	0,76	1024	1018
1,8-Cineol	29,29	1031	1026

(E)- β -Ocimeno	1,64	1046	1044
γ -Terpineno	0,19	1058	1054
Linalol	0,69	1100	1566
allo-Ocimeno	0,26	1129	1128
trans-Sabinol	0,12	1139	1132
Canfora	13,91	1145	1141
Pinocarvona	0,12	1163	1165
Borneol	0,56	1166	1165
Terpinen-4-ol	1,37	1177	1174
α -Terpineol	0,25	1191	1186
Mirtenol	0,18	1197	1207
Δ -Elemene	0,09	1339	1335
α -Copaeno	0,35	1378	1376
β -Elemene	0,1	1394	1389
α -Gurjuneno	0,03	1403	1409
(E)- β -Cariofileno	2,55	1423	1417
α -Humuleno	0,13	1457	1452
dehydro-Aromadendrane	0,37	1464	1460
4,5-di-epi-Aristolocheno	0,93	1473	1467
Δ -Gurjunene	0,28	1478	1475
β -Chamigrene	0,23	1487	1475
Eremophilene	3,08	1491	1488
Valenceno	0,35	1496	1491
Biciclogermacreno	0,65	1500	1500
α -Muurolene	0,09	1503	1504
γ -Cadineno	0,11	1517	1513
7-epi- α -Selineno	0,24	1521	1517
Δ -Cadineno	0,39	1526	1523
Espatulenol	1,4	1581	1577
Óxido de Cariofileno	1,03	1587	1582
β -Atlantol	0,07	1607	1608
Eremoligenol	0,08	1633	1630
14-hidroxi-9-epi-E-Cariofileno	0,17	1658	1672
Allohimachalol	0,4	1663	1673
germacra-4(15),5,10(14)-triene-1- α -ol	0,12	1674	1692

14-Hydroxy- Δ -Cadinene	0,08	1804	1803
Total	99,95		

Fonte: os autores.

Em estudos realizados por Lorenzi e Matos (2021) com as partes aéreas da mesma espécie, foram identificados vários compostos, tais como α -pineno, canfeno, cineol p-cimeno, linalol, I-canferol, α -terpioneol, borneol, cariofileno e humuleno, indicando que na amostra ocorreu semelhança na presença dos compostos. Já Arriaga et al. (2006) identificaram 24 compostos, totalizando 93,1% da composição química do óleo, sendo os compostos majoritários Δ -cadinene (25,3% da composição) e 1,8 cineol (17,3%), com 14 compostos iguais a este experimento. Grandini (2017) também encontrou resultados similares para os compostos majoritários (1,8 cineol = 44,7% da composição; α -pineno = 7,6%; e, β -pineno = 5,5%), com 30 compostos em comum a coleta de plantas no Pantanal.

É importante ressaltar que o composto 1,8 cineol foi identificado nos estudos citados como um dos compostos majoritários, resultado similar ao encontrado para esta pesquisa, indicando um possível padrão para a espécie. É conhecido que a composição química dos óleos essenciais é afetada por diversos fatores, como por exemplo, características do solo, temperatura, disponibilidade de água e exposição ao sol, sendo que seria comum à composição ser diferente, na dependência da região de origem da planta (Bandoni; Czepak, 2008). Entretanto, alguns compostos são comuns a todos os indivíduos, mesmo quando coletados em diferentes regiões, o que se torna um marcador químico da espécie (Souza et al., 2021b).

Levando-se em consideração o local de coleta, o Pantanal, que sofre sazonalmente processos de inundação, a espécie em questão provavelmente possui adaptações que lhe permite sobreviver e prosperar em tal ambiente. Além disso, é conhecido que determinadas regiões do Pantanal de Miranda também sofrem períodos de seca, levando as plantas também ao estresse hídrico (Soares; Oliveira, 2009). Desta maneira, a espécie deve possuir características próprias para tais situações, o que poderia interferir em sua composição química, resultado em uma composição diferente de plantas crescidas em outras regiões.

Deste modo, os diferentes componentes encontrados no óleo essencial da planta são a chave para sua ação inseticida. Esta mistura, que caracteriza a composição dos óleos, é importante, pois dificulta uma rápida adaptação da praga a aquele composto, prolongando o processo de seleção e a geração de indivíduos resistentes (Ferrari, 2004). O potencial inseticida

ocorre devido à absorção dos óleos pelo tegumento, sistema respiratório e/ou sistema digestivo, ocasionando os efeitos sobre o sistema nervoso do inseto (Rajendran; Sriranjini, 2008).

Em relação a determinação das doses letais do óleo, os resultados indicaram efeito tóxico sobre *Spodoptera frugiperda*, quando aplicado por via tópica (Tabela 2), ajustando-se ao modelo proposto de Probit ($p \geq 0,05$), nas seguintes doses: 0,28; 0,31; 0,35; 0,39; e, 0,44 μL inseto⁻¹.

Tabela 2 - Dose letal (DL₅₀ e DL₉₀) do óleo essencial obtido de folhas de *Pluchea sagittalis* coletadas na Fazenda Baia Grande, município de Miranda, Mato Grosso do Sul, aplicadas sobre 50 indivíduos de *Spodoptera frugiperda* pela técnica de Toxicidade Aguda Tópica (μL .inseto)

Bioensaio	DL ₅₀ (IC95%)	DL ₉₀ (IC95%)	D ($\pm$ EP)	χ^2	p
Aguda tópica	0,32 (0,26-0,35)	0,45 (0,39-0,80)	8,55 $\pm$ 2,87	1,50	0,68

Fonte: os autores. IC= intervalo de confiança. EP= erro padrão. D= declividade. χ^2 = qui-quadrado. p= probabilidade.

Desta maneira, confirma-se que os compostos presentes nas folhas de *Pluchea sagittalis* afetam negativamente *Spodoptera frugiperda*, demonstrando seu potencial de uso. Um dos componentes que pode ter produzido efeito tóxico do óleo pode ter sido o componente majoritário 1,8-cineol. De acordo com Niculau et al. (2013), este terpeno possui potencial inseticida, o que foi observado quando os autores utilizaram o óleo essencial de *Pelargonium graveolens* L. e *Lippia alba* (Mill.) NE Brown sobre *Spodoptera frugiperda*, com a dose letal DL₅₀ para *P. graveolens* sendo 1,1 $\mu\text{g}/\text{mg}$; para *L. alba*, DL₅₀ de 1,2; 1,6 e, 1,2 $\mu\text{g}/\text{mg}$ por inseto. Estes resultados indicam que a presença do terpeno pode influenciar no efeito inseticida, conforme demonstrado neste estudo.

Polatoglu et al. (2017), ao verificarem a composição do óleo essencial da parte aérea de *Salvia veneris* Hedge, indicaram como composto majoritário 1,8-cineol (30,4%), também encontrado nesta pesquisa em maior porcentagem. Ao avaliarem o potencial inseticida por toxicidade aguda tópica sobre larvas de 3º ínstar de *Spodoptera exigua*, relataram mortalidade de 63% com a dose 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$, demonstrando que a presença do composto pode levar a mortalidade de espécies de lagartas do mesmo gênero.

No mesmo sentido, Elguea-Culebras et al. (2018), ao determinarem a composição química do óleo essencial de *Hyssopus officinalis* L., também observaram como composto majoritário 1,8-cineol (53%), ativo no controle de *Spodoptera littoralis* (EC₅₀ = 49 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), demonstrando que o óleo essencial que possui este composto pode ser usado como uma maneira alternativa no controle de pragas agrícolas do gênero *Spodoptera* ssp. Al-Nagar et al. (2020), ao

avaliarem compostos isolados no controle de *Spodoptera littoralis*, também observaram que 1,8-cineol foi significativamente o composto mais tóxico ($CL_{50} = 2,3 \text{ mg/L}$), comprovando que, isolado ou em conjunto, o composto é tóxico para as lagartas do gênero *Spodoptera*.

A determinação das concentrações letais por superfície de contato (Tabela 3) indicou que ocorreu ajuste da curva dose-mortalidade do modelo proposto por Probit, apresentando CL_{50} de ($0,67 \mu\text{L.cm}^{-2}$) e CL_{90} de ($1,05 \mu\text{L.cm}^{-2}$). Estes resultados novamente demonstram o potencial do óleo de *Pluchea sagittalis* no controle de *Spodoptera frugiperda*.

Tabela 3 - Concentração letal (CL_{50} e CL_{90} - $\mu\text{L.cm}^{-2}$) do óleo essencial obtido de folhas de *Pluchea sagittalis* coletadas na Fazenda Baia Grande, município de Miranda, Mato Grosso do Sul, sobre 50 indivíduos de *Spodoptera frugiperda* pela técnica de Toxicidade por Superfície de Contato ($\mu\text{L.cm}^{-2}$)

Bioensaio	CL_{50} (IC95%)	CL_{90} (IC95%)	D ($\pm$ EP)	χ^2	p
SP	0,67 (0,43-0,78)	1,05 (0,89-1,81)	$6,60 \pm 2,19$	1,25	0,74

Fonte: os autores. SP = superfície de contato. IC= intervalo de confiança. EP= erro padrão. D= declividade. χ^2 = qui-quadrado. P= probabilidade.

O efeito inseticida de óleos essenciais com a presença do 1,8-cineol também foram observados por Lima et al. (2009), ao realizarem a caracterização química do óleo de *Psidium guajava* L., citando a presença de 1,8-cineol (16,7%), α -terpineol (14,8%), β -cariofileno (6,2%) e (*E*)-nerolidol (4,0%), com efeito inseticida e repelente/deterrente sobre larvas de *S. frugiperda*. Stüker (2007), ao fazer determinação dos compostos dos óleos essenciais de flores e folhas de *Pluchea sagittalis*, também relatou composição química semelhante, tendo as folhas como constituintes principais 1,8-cineol (23,5%), intermedeol (12,9%), espatulenol (5,83%) e α -terpineol (3,96%) e as flores, 1,8-cineol (36,5%), intermedeol (7,7%) e α -terpineol (3,8%). O autor também relatou que o potencial bactericida mais eficiente foi obtido pelo óleo da flor, com maior concentração de 1,8-cineol, conhecido por sua atividade antibacteriana.

É conhecido que a toxicidade dos óleos essenciais muitas vezes está relacionada com a presença de terpenoides, principalmente monoterpenos e sesquiterpenos, que na maioria das vezes são as substâncias majoritárias (Viegas Júnior, 2003). Elas atuam no sítio de ligação octopaminérgico presente no sistema nervoso dos insetos, afetando a transmissão entre neurônios, pois a octopamina é um neurotransmissor, neuromodulador e neuro-hormônio, causando alterações que podem levar a morte; porém não causam danos em mamíferos (Isman, 2006; Dubey et al., 2010; Corrêa et al., 2023).

De acordo com Malaquias (2016), o método do teste de toxicidade de superfície de contato avalia o potencial inseticida do óleo, a fim de demonstrar que o seu efeito tóxico pode ser obtido quando o inseto invade uma área pós-tratamento, assim sendo uma ação preventiva ao ataque de pragas. Desta maneira, este teste comprovou a eficiência dos tratamentos contra este tipo de praga.

A avaliação dos resultados dos bioensaios de fagoinibição foi realizada utilizando como referência a escala proposta por Koul (2004) adaptada, que considera o Coeficiente de Deterência (Tabela 4) como: resultado igual a zero, como substância atrativa para insetos; de zero a 25, pouco deterrente; 26 a 50, média deterência; 51 a 75, boa deterência e, 76 a 100, muito boa deterência. No teste sem chance de escolha, o Coeficiente de Deterência ficou dentro da escala de pouca deterência, enquanto o Coeficiente de Deterência com chance de escolha ficou na escala de pouca deterência a boa deterência.

Tabela 4 - Coeficiente de Deterência (CD) do óleo essencial de folhas de *Pluchea sagittalis* coletadas na Fazenda Baia Grande, município de Miranda, Mato Grosso do Sul, sobre larvas do 3º instar de *Spodoptera frugiperda* no bioensaio de fagoinibição com e sem chance de escolha

Concentração ($\mu\text{L.cm}^{-2}$)	CD sem chance	CD com chance
0,125	6	2
0,25	7	20
0,5	12	22
0,75	13	35
1,0	14	69

Fonte: os autores.

Esta diferença no resultado é relacionada a possibilidade da escolha do alimento, em resposta a presença dos quimiorreceptores, auxiliando o inseto em optar pelo disco controle no teste com chance de escolha. Desta maneira, obtém-se um Coeficiente de Deterência melhor ao comparado com o experimento sem chance de escolha. Ao final, as lagartas, quando tinham opção, preferiam se alimentar de discos sem a presença do óleo, novamente indicando seu poder de repelência.

A fagoinibição é uma característica de comportamento que interfere diretamente na alimentação do inseto após uma picada/mordida de prova (Isman et al., 2001; Koul, 2004). Terpenos, de diversas classes, podem atuar como agentes inibidores de insetos e os óleos essenciais de plantas aromáticas são ricos em monoterpenos (Viegas Júnior, 2003), o que pode

justificar o efeito fagoinibidor observado neste trabalho. Abdelgaleil e El-Sabrout (2018), ao avaliarem a composição química do óleo essencial de *Callistemon viminalis* (Sol. ex Gaertner) G.Don observaram a presença de 1,8-cineol (71,78%) na amostra e ao testarem sobre *Spodoptera littoralis* observaram potencial fagoinibidor em todas as concentrações (125, 250, 500 e 1000 mg/l), novamente indicando que 1,8-cineol afeta positivamente no potencial inseticida.

A utilização de óleos essenciais com potencial fagoinibidor é uma importante ferramenta para o controle de pragas, uma vez que essas substâncias não desempenham grande pressão na seleção sobre suas populações, como ocorre com as substâncias sintéticas, levando a um rápido processo de seleção e perda da eficácia dos produtos utilizados (Favero; Conte, 2008). Outra vantagem é a mínima bioatividade para mamíferos e outros animais não alvos, gerando menor impacto ambiental (Isman et al., 2001; Koul, 2004).

Há uma diversidade de compostos químicos que fazem parte da composição química de alguns óleos essenciais tais como, α - pineno, timol, linalol, citronelal, 1,8-cineol, eugenol, carvacrol e α -terpineol, dentre outras, que já demonstraram atividade fagoinibidora comprovada em lepidópteros como *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae), *S. frugiperda* e também para os coleópteros *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1885) (Coleoptera: Curculionidae), *Sitophilus granarium* (Multon, 1988) (Coleoptera: Curculionidae) e *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Curculionidae) (Isman, 2000; Koul et al., 2008; Souza et al., 2010).

Segundo Coitinho et al. (2011) e Corrêa et al. (2023), a ação destes óleos está relacionada a sua ação no neuromodulador octopamina, presente apenas em invertebrados, sendo a octopamina o equivalente a noradrenalina nos vertebrados, com função associada ao metabolismo, regulando batimentos cardíacos, movimento e comportamento e com isso, afetando diretamente essas funções quando os insetos são expostos. Desta maneira, seu potencial como inseticida e fagoinibidor, por meio de sua composição química rica em terpenos, comprova que possuem condições de serem utilizados em formulações e/ou métodos de controle alternativos e complementares para o controle de pragas agrícolas, com menor risco ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O óleo essencial de *Pluchea sagittalis* apresenta potencial para o controle da praga *Spodoptera frugiperda* em toxicidade aguda tópica, por contato, além de afetar seu comportamento alimentar, agindo de forma fagoinibidora. Sua ação está provavelmente

relacionada a presença de compostos majoritários, como o 1,8-cineol, um terpeno. Deste modo, este composto e a espécie vegetal podem ser uma alternativa para futuros inseticidas botânicos, no controle de pragas agrícolas.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de doutorado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa (PQ1C). Ao apoio financeiro do CNPq e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul e à Universidade Anhanguera-Uniderp, pelo financiamento do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar e Grupo de Produtos Naturais.

REFERÊNCIAS

- ABDELGALEIL, S. A.; EL-SABROUT, A. M. Anti-nutritional, antifeedant, growth-disrupting and insecticidal effects of four plant essential oils on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Crop Protection*, v. 7, n. 2, p. 135-150, 2018.
- ADAMS, R. P. *Identification of essential oils components by Gas Chromatography/ Quadrupole Mass Spectroscopy*. 4.1 ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2017.
- AHEMD, S. A.; KAMEL, E. M. Phenolic constituents and biological activity of the genus *Pluchea*. *Der Pharma Chemica*, v. 5, n. 5, p.109-114, 2013.
- AL-NAGAR, N. M. A.; ABOU-TALEB, H. K.; SHAWIR, M. S.; ABDELGALEIL, S. A. M. Comparative toxicity, growth inhibitory and biochemical effects of terpenes and phenylpropenes on *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v. 23, n. 1, p. 67-75, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.09.005>
- ALVES, A. C. L.; SILVA, T. I.; BATISTA, J. L.; GALVÃO, J. C. C. Insecticidal activity of essential oils on *Spodoptera frugiperda* and selectivity to *Euborellia annulipes*. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e260522, 2024. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.260522>
- ARRIAGA, Â. M.; CORDEIRO, F. C.; LIMA, J. Q.; VASCONCELOS, J. N.; FEITOSA, E. M.; ANDRADE-NETO, M.; NASCIMENTO, R. F. Constituents of the essential oil of *Pluchea quitoc* DC. *Journal of Essential Oil Research*, v. 18, n. 6, p. 693-694, 2006. <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2006.9699208>
- BANDONI, A. L.; CZEPAK, M. P. *Os recursos vegetais aromáticos no Brasil: seu aproveitamento para a produção de aromas e sabores*. Vitória: EDUFES, 2008.
- BOAVENTURA, D.; ULRICH, J.; LUEKE, B.; BOLZAN, A.; OKUMA, D.; GUTBROD, O.; GEIBEL, S.; ZENG, Q.; DOURADO, P. M.; MARTINELLI, S.; FLAGEL, L. HEAD, G.; NAUEN, R. Molecular characterization of Cry1F resistance in fall armyworm, *Spodoptera*

frugiperda from Brazil. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, v. 116, p. 103280, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2019.103280>

BURTET, L. M.; BERNARDI, O.; MELO, A. A.; PES, M. P.; STRAHL, T. T.; GUEDES, J. V. C. Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), with Bt maize and insecticides in southern Brazil. *Pest Management Science*, v. 73, n. 12, p. 2569- 2577, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4660>

CARNEIRO, A. A.; GUIMARAES, C. T.; VALICENTE, F. H.; WAQUIL, J. M.; VASCONCELOS, M. J. V.; CARNEIRO, N. P.; MENDES, S. M. *Milho Bt: teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga*. Circular Técnica, 135. Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

CARVALHO, R.A.; OMOTO, C.; FIELD, L.M.; WILLIAMSON, M.S.; BASS, C. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Plos One*, v. 8, n. 4, p. e62268, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062268>

COITINHO, R. L. B. C.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; CAMARA, C. A. G. Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 1, p. 172-178, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000100022>

CONTE, C. O.; LAURA, V. A.; BATTISTELLI, J. Z.; CECONETTO, A. O.; SOLON, S.; FAVERO, S. Rendimento de óleo essencial de alfavaca por arraste a vapor em Clevenger, em diferentes formas de processamento das folhas. *Horticultura Brasileira*, v 19, Suplemento 1, 2002. CD-ROM.

CORRÊA, E. J. A.; CARVALHO, F. C.; OLIVEIRA, J. A. C.; BERTOLUCCI, S. K. V.; SCOTTI, M. T.; SILVEIRA, C. H.; GUEDES, F. C.; MELO, J. O. F.; MELO-MINARDI, R. C.; LIMA, L. H. F. Elucidating the molecular mechanisms of essential oils' insecticidal action using a novel cheminformatics protocol. *Scientific Reports*, v. 13, 4598, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29981-3>

DIEZ-RODRIGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambda-cialotrina. *Neotropical Entomology*, v. 30, n. 2, p. 311-316, 2001.

DUBEY, N. K.; SHUKLA, R.; KUMAR, A.; SINGH, P.; PRAKASH, B. Prospects of botanical pesticide in sustainable agriculture. *Current Science*, v. 98, n. 4, p. 479-480, 2010.

ESCOUBAS, P.; LAJIDE, L.; MIZUTANI, J. An improved leaf-disk antifeedant bioassay and its application for the screening of Hokkaido plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 66, n. 1, p. 99-107, 1993. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1993.tb00697.x>

FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Crop Protection*, v. 64, p. 150-158, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.019>

FAVERO, S.; CONTE, C. O.; BAPTISTA, A. P. Atividade anti-alimentar de óleos essenciais de plantas aromáticas sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 2. supl. 2. 2002.

FAVERO, S.; CONTE, C. O. Métodos de ensaios para determinação de atividade insetistática de derivados de plantas com alternativa sustentável de controle de pragas agrícolas. In: BAUER, F. C.; VARGAS JUNIOR, F. M. *Produção e Gestão agroindustrial*, v. 2. Campo Grande: UNIDERP, 2008. p. 235-249.

FERRARI, J. A. Population genetics in vector biology. In: MARQUARDT, W. C. (Ed.). *Biology of Disease Vectors*. 2nd edition. Amsterdam: Elsevier AcademicPress, 2004. p. 512-525.

FINNEY, D. J. *Probit analysis*. Reissue. London: Cambridge Press, 2009.

FREITAS, L. S.; ANDRADE, W. P.; BARRETO, D. N.; SILVA, T. C.; SANTIAGO, M. B.; MARTINS, M. M.; CARVALHO, M.; PEREIRA, D. P.; THULER, R. T.; MARTINS, C. H. G.; COELHO, V. P. M.; CUNHA, L. C. S. Antifungal and antioxidant activities and chemical constituents from *Pluchea sagittalis*. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30059>

GRANDINI, C. P. *Obtenção de extratos voláteis e não voláteis de Pluchea sagittalis (Lam.) Cabrera (Quitoco): processos e análises*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

GREENE, G. L.; LEPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976. <https://doi.org/10.1093/jee/69.4.487>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção de milho em grão, 2025*. <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/milho-em-grao/br>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, v. 19, n. 8, p. 603-608, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X)

ISMAN, M. B.; WAN, A. J.; PASSREITER, C. M. Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm *Spodoptera litura*. *Fitoterapia*, v. 72, n. 1, p. 65-68, 2001. [https://doi.org/10.1016/s0367-326x\(00\)00253-7](https://doi.org/10.1016/s0367-326x(00)00253-7)

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review Entomology*, v. 51, p. 45-66, 2006. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. *Trends in Plant Science*, v. 19, n. 3, p. 140-145, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.11.005>

KOUL, O. *Insect antifeedants*. Florida: CRC Press, 2004.

KOUL, O. Phytochemicals and insect control: An antifeedant approach. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 27, n. 1, p. 1-24, 2008. <https://doi.org/10.1080/07352680802053908>

KOUL, O.; WALIA, S. Comparing impacts of plant extracts and pure allelochemicals and implications for pest control. *CAB Reviews*, v. 4, n. 49, p.1-30, 2009. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20094049>

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G.; SANTOS, C. D.; MORAES, J. C.; NÉRI, D. K. P.; NASCIMENTO, E. A. Caracterização química do óleo essencial de folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) e seus efeitos no comportamento da lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p. 1777-1781, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000700013>

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. 3 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2021.

MALACUIAS, H. J. S. *Ação insetistática de óleo essencial de três espécies de Mentha*. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade Anhanguera-Uniderp, Campo Grande, 2016.

MARTINO, V. S.; FERRARO, G. E.; DEBENEDETTI, S. L.; COUSSIO, J. D. Compuestos polifenólicos aislados de *Pluchea sagittalis* (Compuestas). *Acta Farmacéutica Bonaerense*, v. 3, n. 2, p. 141-146, 1984. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/7384>

MORAES, E. N. R.; MARTINS, A. C. T.; SANTOS, R. C. P.; ALVES, R. J. M.; COSTA, R. C. L.; MAIA, W. J. M. S. MAIA. Effect of extract of amazon moss on *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 8, 2021. <http://dx.doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0039>

NASCIMENTO, A. R.; FARIAS, J. R.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OMOTO, C. Genetic basis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to the chitin synthesis inhibitor lufenuron. *Pest Management Science*, v. 72, n. 4, p. 810-815, 2016. <https://doi.org/10.1002/ps.4057>

NICULAU, E. D. S.; ALVES, P. B.; NOGUEIRA, P. C. D. L.; MORAES, V. R. D. S.; MATOS, A. P.; BERNARDO, A. R.; VOLANTE, A. C.; FERNANDES, J. B. et al. Atividade inseticida de óleos essenciais de *Pelargonium graveolens* L'Herit e *Lippia alba* (Mill) NE Brown sobre *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). *Química Nova*, v. 36, n. 9, p. 1391-1394, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000900020>

NIST. National Institute of Standards and Technology. *Mass spectral library (Nist/Epa/Nih, v. 2.0d)*. The NIST Mass Spectrometry Data Center, Gaithersburg, 2014.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. *Pest Management Science*, v. 72, n. 9, p. 1727-1736, 2016. <https://doi.org/10.1002/ps.4201>

ELGUEA-CULEBRAS, G. D.; SÁNCHEZ-VIOQUE, R.; BERRUGA, M. I.; HERRAIZ-PEÑALVER, D.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; ANDRÉS, M. F.; SANTANA-MÉRIDAS, O. Biocidal potential and chemical composition of industrial essential oils from *Hyssopus officinalis*, *Lavandula* × *intermedia* var. Super, and *Santolina chamaecyparissus*. *Chemistry & Biodiversity*, v. 15, n. 1, e1700313, 2018. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700313>

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília: Embrapa soja, 2009.

PARANHOS FILHO, A. C.; MOREIRA, E. S.; OLIVEIRA, A. K. M.; PAGOTTO, T. C. S.; MIOTO, C. L. Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de

sensoriamento remoto. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, p. 69-76, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000305>

POLATOĞLU, K.; KARAKOÇ, Ö. C.; YÜCEL, Y. Y.; GÜCEL, S.; DEMIRCI, B.; DEMIRCI, F.; BAŞER, K. H. C. Insecticidal activity of *Salvia veneris* Hedge. Essential oil against coleopteran stored product insects and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera). *Industrial Crops and Products*, v. 97, p. 93-100, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.012>

RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*, v. 44, n. 2, p. 126-135, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2007.08.003>

SCREMIN-DIAS, E.; LORENZ-LEMKE, A. P.; OLIVEIRA, A. K. M. The floristic heterogeneity of the Pantanal and the occurrence of species with different adaptive strategies to water stress. *Brazilian Journal of Biology*, v. 71, n. 1, p. 275-282, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000200006>

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. *Farmacognosia: Do produto natural ao medicamento*. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SOARES, J. J.; OLIVEIRA, A.K.M. O paratudo do Pantanal de Miranda, Corumbá-MS, Brasil. *Revista Árvore*, v. 33, n. 2, p. 339-347, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000200015>

SOUZA, C. O.; OLIVEIRA, J. V.; TEIXEIRA, C. S.; NAVARRO, D. M. A. F.; DUTRA, K. A.; FERREIRA, M. C. N.; TEIXEIRA, A. A. C.; TEIXEIRA, V. W.; GUEDES, C. A.; CRUZ, G. S.; MELO, I. M. F. Óleos essenciais, uma alternativa ao uso de inseticidas na agricultura: Breve revisão. In: *Meio ambiente: enfoque socioambiental e interdisciplinar*. PACHECO, J. T. R.; PACHECO, M. Z. (Orgs.). Ponta Grossa: Atena, 2021a. p. 145-153.

SOUZA, S. L. P.; NUNES, V. V.; CÂNDIDO, I. J.; BRITO, V. M.; ROCHA, L. A. S.; SILVA-MANN, R. Marcadores bioquímicos em espécies agrícolas e florestais: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 17, p. e05101724172, 2021b. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24172>

SOUZA, T.; FAVERO, S.; CONTE, C. O. Bioatividade de óleos essenciais de espécies de eucalipto para o controle de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 5, n. 2, p. 157-164, 2010.

STÜKER, C. Z. *Estudo dos óleos voláteis de plantas medicinais da família Asteraceae do Rio Grande do Sul: Baccharidastrium triplinervium, Baccharis pentodonta, Pluchea sagittalis e Eupatorium buniifolium*. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D. J. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas - liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A*, v. 11, p. 463-471, 1963. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X)

VIEGAS JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. *Química Nova*, v. 26, p. 390-400, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000300017>