

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BEATRIZ DE OLIVEIRA DOS SANTOS GOMES

**BIOENSAIO DE INGESTÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA O CONTROLE DE
Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

**SANTA HELENA
2022**

BEATRIZ DE OLIVEIRA DOS SANTOS GOMES

**BIOENSAIO DE INGESTÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA O CONTROLE DE
Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

**ESSENTIAL OIL INGESTION BIOASSAY FOR THE CONTROL OF *Spodoptera
frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Licenciado em Nome do Curso da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).¹

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Dejjane Santos Alves

**SANTA HELENA
2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BEATRIZ DE OLIVEIRA DOS SANTOS GOMES

**BIOENSAIO DE INGESTÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA O CONTROLE DE
Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Licenciado em Ciências Biológicas da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Dejene Santos Alves

Data de aprovação: 10 de Junho de 2022.

Dejene Santos Alves
Doutora em Entomologia Agrícola
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Daian Guilherme Pinto de Oliveira
Doutor em Entomologia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Iselino Nogueira Jardim
Doutor em Plantas Medicinais e Aromáticas e Condimentares
Universidade Federal do Pará

SANTA HELENA

2022

À minha família, amigos e as pessoas que torcem por mim,
dedico.

AGRADECIMENTO(S)

À Deus, em primeiro lugar pela bênção da vida, da mesma forma agradeço pela bênção de chegar até a conclusão do curso de graduação dos meus sonhos.

À Deus por cuidar de mim em inúmeros dias longe da minha casa, longe da minha família e dos melhores amigos que a vida me proporcionou: Fernanda Alves, Fernanda Bittencourt e Silvio Martins.

Agradeço imensamente ao grande amor da minha vida, Selma, que é a mulher mais batalhadora que eu conheço e que eu tenho muito orgulho de chamar de mãe. Igualmente agradeço ao meu padrasto Jorge que sonhou esse sonho comigo e a cada momento de dificuldade no caminho, sempre me manteve de pé. Te amo.

Agradeço ao imenso carinho e apoio dos meus irmãos, pois sempre que retorno para casa me recebem de braços abertos.

Agradeço à Lucilla e Luiz Messas que foram papéis determinantes em minha vida e me auxiliaram de diversas maneiras realizarem esse sonho. Da mesma forma agradeço à Cleide e Mario Sérgio por torcerem por mim como se fossem da minha família.

Agradecimento caloroso e especial a minha orientadora por toda paciência e carinho nessa caminhada de anos, sempre me tratando com muito respeito e me proporcionando aprendizados diversos e me salvando em momentos em que eu não merecia, muito obrigada.

Agradecimento a minha coorientadora, Katiane Pompermayer pela paciência em me ensinar os passos do temido TCC, sempre com paciência e zelo.

Agradeço em especial à professora e amiga Alessandra Matte por apoio incondicional que me proporcionou, por me permitir desabafar em longas tardes profícuas de trabalho e troca de experiências. Sou imensamente grata.

Agradecimento especial aos meus amigos que fiz ao longo dessa jornada, que tomaram refrigerante comigo comentando inúmeras vezes a saudades de casa, enquanto éramos picados por pernilongos.

E por último, mas não menos importante, ao meu companheiro que faz meu coração ficar em festa desde sua chegada, uma pessoa doce que tornou sua companhia sem igual. A diferença nossa é apenas de idade, pois em comum temos sonhos, perspectivas, desejos e amor. Obrigada pelo apoio e por acreditar em mim e estar junto durante o desenvolvimento deste trabalho, inclusive agora. Te amo, lago.

O descontentamento é o primeiro passo na evolução de um homem ou de uma nação.

Oscar Wilde

RESUMO

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga polífaga, que causa danos em várias culturas de importância econômica. Desse modo, esse trabalho objetivou avaliar a biotividade dos óleos essenciais (OEs) de espécies de plantas coletadas na floresta Amazônica: *Ayapana triplinervis* M. Vahl (Asteraceae) (folhas), *Bixa orellana* L. (Willd.) Kuntze ex Pilg (Bixaceae) (folhas e frutos), *Dysphania ambrosioides* Mosyakin & Clemants (Amaranthaceae) (folhas), *Hymenaea courbaril* Hayne (Fabaceae) (folhas), *Protium heptaphyllum* Obermuller (Burseraceae) (folhas) para *S. frugiperda*. Os OEs foram solubilizados em solução aquosa de Tween 80 a 1% e adicionados à dieta artificial na concentração final de 1 mg de OE/mL de dieta. Os controles negativos foram dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1%. Seções de dieta foram oferecidas como alimento para lagartas de *S. frugiperda* com 48 h de idade. A mortalidade dos insetos foi avaliada diariamente por 7 dias. Ao término desse período, o peso das lagartas vivas foi mensurado. Foi constatado que as lagartas alimentadas com a dieta artificial contendo o OE de *D. ambrosioides* apresentaram probabilidade de sobrevivência de 0,34%, ou seja, taxa de mortalidade de 66%. Os OEs de *H. courbaril* (folhas), *B. orellana* (frutos), *B. orellana* (folhas) e *A. triplinervis* (folhas) causaram apenas o efeito subletal de redução no peso dos insetos. Dessa maneira, pode-se constatar que os OE de *D. ambrosioides* (folhas) apresenta acentuado efeito letal nos insetos, sendo um candidato para estudos de controle de *S. frugiperda*. Também, os OEs de *H. courbaril* (folhas), *B. orellana* (frutos), *B. orellana* (folhas) e *A. triplinervis* (folhas) são capazes de causarem redução no peso das lagartas e possivelmente afetarem outros parâmetros biológicos desse inseto.

Palavras-chave: Inseticidas botânicos. Metabólitos secundários. Lagarta-militar. Óleos essenciais

ABSTRACT

The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) is a polyphagous pest, which causes damage to several crops of economic importance. Thus, this study aimed to evaluate the bioactivity of essential oils (EOs) of plant species collected in the Amazon rainforest: *Ayapana triplinervis* M. Vahl (Asteraceae) (leaves), *Bixa orellana* L. (Willd.) Kuntze ex Pilg (Bixaceae) (leaves and fruits), *Dysphania ambrosioides* Mosyakin & Clemants (Amaranthaceae) (leaves), *Hymenaea courbaril* Hayne (Fabaceae) (leaves), *Protium heptaphyllum* Obermuller (Burseraceae) (leaves) against *S. frugiperda*. The EOs were solubilized in 1% Tween 80 aqueous solution and added to the artificial diet at a final concentration of 1 mg of EO/mL of diet. Negative controls were diet plus water and 1% Tween 80 aqueous solution. Diet sections were offered as food for *S. frugiperda* caterpillars (48 h old). Insect mortality was evaluated daily for 7 days. At the end of this period, the weight of the caterpillars was measured. It was found that caterpillars fed the artificial diet containing the EO of *D. ambrosioides* (leaves) had a survival probability of 0.34%, that is, a mortality rate was of 66%. The EOs of *H. courbaril* (leaves), *B. orellana* (fruits), *B. orellana* (leaves) and *A. triplinervis* (leaves) caused only the sublethal effect of reducing insect weight. Thus, it can be seen that the EO of *D. ambrosioides* (leaves) has a marked lethal effect on insects, being a candidate for the control of *S. frugiperda*., Too, the EOs of *H. courbaril* (leaves), *B. orellana* (fruits), *B. orellana* (leaves) and *A. triplinervis* (leaves) are able to reduce the weight of caterpillars and possibly affect other biological parameters of this insect.

Keywords: Botanical insecticides. Secondary metabolites. Fall armyworm.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Criação de <i>Spodoptera frugiperda</i> em condições de laboratório. A) Pupas dos insetos em gaiolas. B) Timer para o controle de fotoperíodo. C) Criação dos insetos na fase adulta. D) Ovos obtidos da criação..	19
Figura 2 - Ingredientes que compõe a dieta e utensílios para uso.	19
Figura 3 – Bioensaio de ingestão com <i>Spodoptera frugiperda</i> . A) Dieta artificial contendo os óleos essenciais. B) Tratamentos empregados no bioensaio..	21
Figura 4 -Análise de sobrevivência de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> após ingestão de dieta artificial contendo óleos essenciais de plantas: <i>Ayapana triplinervis</i> , <i>Bixa orellana</i> , <i>Dysphania ambrosioides</i> , <i>Hymenaea courbaril</i> , <i>Protium heptaphyllum</i> e os controles negativos: dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1% para <i>Spodoptera frugiperda</i>	22
Figura 5 - Peso lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com dieta artificial contendo óleos essenciais de <i>Ayapana triplinervis</i> , <i>Bixa orellana</i> , <i>Hymenaea courbaril</i> , <i>Protium heptaphyllum</i> e os controles negativos: dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1%	
*Não foi possível avaliar esse parâmetro para o tratamento em que foi empregado o óleo essencial de <i>Dysphania ambrosioides</i> devido à alta taxa de mortalidade encontrada nesse tratamento..	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Nomes científicos, origem e nome popular dos óleos essenciais empregados nesse estudo	20
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral.....	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	A lagarta-do-cartucho <i>Spodoptera frugiperda</i>	12
3.2	Espécies vegetais selecionadas para os bioensaios.....	14
3.2.1	<i>Ayapana triplinervis</i>	14
3.2.2	<i>Bixa orellana</i>	15
3.2.3	<i>Dysphania ambrosioides</i>	15
3.2.4	<i>Hymenaea courbaril</i>	15
3.2.5	<i>Protium heptaphyllum</i>	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1	Criação de <i>Spodoptera frugiperda</i>	17
4.2	Bioensaio de ingestão	19
5	RESULTADOS	21
6	DISCUSSÃO	26
7	CONCLUSÕES	28
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28

1 INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) ataca diversas culturas agrícolas de importância econômica. Estudos apontam que *S. frugiperda* usa como hospedeiras aproximadamente 353 espécies de plantas, pertencentes a 76 famílias botânicas (MONTEZANO et al., 2018). Embora *S. frugiperda* seja um inseto nativo das Américas, tem sido constatada a sua presença em outros continente, tais como: África, Ásia e Austrália (GOERGEN et al., 2016 ; NAYYAR et al., 2021; KERGOAT et al., 2021). Apenas na cultura do milho é reportado que esse inseto pode causar redução de até 34% na produção de grãos (FIGUEIREDO et al., 2005; SOUZA et al., 2010).

O controle de *S. frugiperda* é tradicionalmente realizado com o uso de inseticidas químicos sintéticos e plantas geneticamente modificadas. Todavia, o uso desses métodos de controle, tem levado a seleção de populações de insetos resistentes e falhas no controle (TABASHNIK; CARRIÈRE, 2017). Além disso o uso indiscriminado de pesticidas tem causado problemas ambientais, tais como: efeitos adversos em inimigos naturais (STANLEY; PREETHA, 2016), contaminação do solo e água e presença de resíduos nos alimentos (YEN et al., 2000; (SHAFIC, 2014).

Diante disso, medidas alternativas são estudadas no manejo integrado de pragas (MIP) como controle biológico e inseticidas botânicos.. Nesse sentido, óleos essenciais (OEs) podem ser uma estratégia na redução de população, devido suas propriedades físico-químicas e atividades biológicas. Estudos relatam o potencial dos OEs na redução da população de pragas, visto que, devido a sua composição química podem ser capazes de causar mortalidade nos insetos. Pesquisas realizadas sugerem que OEs podem alterar o comportamento dos insetos (LÓPEZ et al., 2021), e outros atuam no sistema nervoso, através da inibição da acetilcolinesterase (AChE) (OLIVEIRA et al., 2018) e também podem atuar no sistema digestório dos insetos (NASR et al., 2017)

Nesse sentido, o Brasil destaca-se em biodiversidade. No território brasileiro a floresta Amazônica é detentora da maior biodiversidade do planeta, tornando-se assim fonte para bioprospecção. A bioprospecção é um termo abrangente, que pode ser definido pela busca de compostos orgânicos em microrganismos, plantas e animais, os quais possam contribuir de alguma forma com a humanidade (ASTOLFI FILHO et

al., 2014). Além disso, vale ressaltar que a bioprospecção é uma ferramenta para o desenvolvimento sustentável (PINTO, 2021).

Dessa forma, para a condução desse trabalho foram selecionadas cinco espécies de plantas nativas do território brasileiro, coletadas na floresta Amazônica, para serem submetidas à ensaios com *S. frugiperda*. As espécies selecionadas foram: *Ayapana triplinervis* M.Vahl (Asteraceae), *Bixa orellana* L. (Willd.) Kuntze ex Pilg (Bixaceae), *Dysphania ambrosioides* Mosyakin & Clemants (Amaranthaceae), *Hymenaea courbaril* Hayne (Fabaceae) e *Protium heptaphyllum* Obermuller (Burseraceae).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a atividade inseticida de óleos essenciais (OEs) para *S. frugiperda*.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar o efeito tóxico dos OEs de *A. triplinervis*, *B. orellana*, *D. ambrosioides*, *H. courbaril* e *P. heptaphyllum* para *S. frugiperda*, em ensaio de ingestão;
- Avaliar a efeito dos OEs de *A. triplinervis*, *B.orellana*, *H. courbaril* e *P. heptaphyllum* para *S. frugiperda* sobre o peso de lagartas de *S. frugiperda*.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*

O Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) divulgou previsões para a safra de 2022, sendo esperadas ao todo a produção de 278 milhões de toneladas de grãos, cereais e leguminosas. Ainda sobre a safra de 2022, espera-se o aumento de 10% em relação ao ano de 2020 caracterizando-se como supersafra, que em números representa 3,4% (IBGE,2021). Entretanto, entre os fatores que oneram a produção destacam-se os insetos pragas, tais como: a lagarta-do-cartucho *S. frugiperda*.

A lagarta-do-cartucho é originária do hemisfério ocidental, entretanto recentemente se expandiu para outros continentes. O custo necessário para o controle desse inseto no Brasil, excede o valor de 600 mil dólares anuais (SHYLESHA et al., 2018). Portanto, *S. frugiperda* é definida como a principal praga do milho no Brasil (VALICENTE, 2009). Os ataques desse inseto podem reduzir a produtividade de grãos em até 34% (LIMA et al., 2010; ROSA, 2012).

A lagarta-do-cartucho possui metamorfose completa, ou seja, apresenta as fases de: ovo, larva, pupa e adulto. A duração do ciclo completo é de aproximadamente 30 dias. A postura de ovos para uma única fêmea pode variar entre 1.500 a 2.000. Nos estágios iniciais, a lagarta se alimenta de um lado do tecido foliar, deixando a camada oposta completamente intacta, após esse momento, se dirigem a região do cartucho. Ao término do período larval, as fase de lagarta dirigem-se para solo para um curto período, denominado de pré-pupa, após esse período a larva transforma-se em pupa. O ciclo como um todo, pode ser resumindo em: lagartas causando danos econômicos enquanto fêmeas adultas, realizam a postura (VALICENTE, 2009; CRUZ, 1995; VALICENTE, 2015; PROMIP, 2022).

Por ser um inseto polífono, novos habitats são frequentemente visados por *S. frugiperda*. Quando a espécie procura um novo ambiente para habitar, e nesta área as condições alimentares são limitadas, sendo que a alternativa encontrada é o canibalismo (HE et al., 2022). Entretanto, é interessante ressaltar o quanto essa espécie tem obtido sucesso na conquista de novos habitats, uma vez que *S. frugiperda* também é praga de outras culturas, tais como: soja (BUENO et al., 2011), algodão (HARDKE et al., 2015) e sorgo (GRUSS et al., 2022). De acordo com uma manchete do jornal “The Guardian” (2017), a lagarta-do-cartucho pode ser caracterizada como: “A lagarta faminta: uma ameaça de crise alimentar global”.

Atualmente, os debates sobre o manejo integrado de pragas (MIP) tornaram-se corriqueiros, dado que o uso exacerbado e indiscriminado de inseticidas químicos sintéticos acarreta na seleção de populações de pragas resistentes, causam mortalidade nos inimigos naturais, provocam o acúmulo de resíduos em alimentos, causam contaminação do solo e da água, além de intoxicar os produtores rurais (MOREIRA et al., 2018; BERNARDI et al. 2020; BOBROWSKI et al., 2003).

Perante o exposto, os OEs, os quais são provenientes do metabolismo secundário das plantas, têm sido cada vez mais estudados. Podem ser originários de diferentes estruturas botânicas, tais como: caule, folhas e frutos, e tendem a possuir moléculas capazes de causar a mortalidade em insetos. Os óleos essenciais, são misturas de compostos aromáticos complexos e voláteis obtidos por meio de arraste a vapor. A designação óleo é devido sua característica físico-química que apresentam, em sua maioria com odor agradável, sendo também chamados de essências (Oliveira e José, 2007). Atualmente, têm-se destacado como alternativa próspera para o controle de pragas, visto que expressam riscos mínimos para o ambiente, assim como para a vida humana (MORAIS et al., 2016). Segundo Craveiro e Queiroz (1993) o Brasil detém extensão territorial que permite empreendedorismo agrícola em óleos essenciais.

3.2 Espécies vegetais selecionadas para os bioensaios

3.2.1 *Ayapana triplinervis*

Ayapana triplinervis é trivialmente conhecida como japana, japana-branca, japana-roxa, erva-de-cobra e erva-santa (DI STASI et al., 2002). É uma espécie vegetal originária da América do Sul, entretanto, atualmente, é facilmente localizada em vários países como por exemplo: Índia, Inglaterra, Bangladesh, Guiana Francesa e Suriname (BIALECKI, 2008).

É uma planta de uso medicinal e devido as propriedades biológicas de seus metabólitos secundários, essa espécie tem sido extensivamente investigada (BIALECKI, 2008; MAITY et al., 2021).

Segundo Facknath; Lalljee (2008) essa espécie vegetal possui elevado potencial inseticida devido aos compostos antialimentares presentes, podendo ser estes serem utilizados para fins de inseticidas botânicos ou como modelos químicos para síntese de análogos. Estes resultados foram obtidos em bioensaios contra insetos pragas de hortaliças de ordem Lepidóptera e Hemiptera.

Artigos científicos apresentam resultados promissores quando nanoemulsões de *A. triplinervis* foram utilizadas como repelente contra *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762.) (Diptera: Culicidae), o estudo relata também que o produto é seguro para

mamíferos não-alvos (RODRIGUES et al., 2021). Contudo, em literatura não há relatos de estudos da aplicação do OE de *A. triplinervis* contra *S. frugiperda*.

3.2.2 *Bixa orellana*

Trata-se de uma espécie pertencente à família Bixaceae, nativa brasileira, conhecida popularmente por urucum ou colorau (CHU et al., 2011). Por muitos anos, essa planta foi empregada para fins medicinais por conta de seu potencial antimicrobiano (KARMAKAR et al., 2018), além do uso contínuo na culinária. Pode-se destacar estudo, em que foi constatado o seu potencial inseticida dessa espécie para *A. aegypti* (GIORGI et al., 2013). Todavia não foram encontrados relatos de estudos com espécies do gênero *Spodoptera*.

3.2.3 *Dysphania ambrosioides*

Conhecida popularmente como mastruz, erva-santa-maria e chá-mexicano, *D. ambrosioides* é uma erva abundante na região das Américas, sendo muito utilizada na área médica (RIBEIRO et al., 2017).

Pesquisas com plantas gênero *Dysphania* constataram efeito fumigante contra o gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) (Coleoptera: *Curculionidae*) (CHU et al., 2011; DUFERA et al., 2019). A literatura relata o uso de extratos de mastruz contra *S. frugiperda* na qual houve redução do peso pupal, evidenciando desta forma um potencial efeito biológico (TRINDADE et al., 2015).

3.2.4 *Hymenaea courbaril*

A espécie nativa Brasileira, conhecida popularmente como jatobá (*H. courbaril*) pertence à família Fabaceae e pode atingir até 15 m de altura. O tronco da árvore secreta uma resina esbranquiçada ou amarelada, sendo esta conhecida como “Jutaisca”, proveniente da língua tupi, na qual o significado é árvore de frutos duros, que é usualmente utilizada na medicina e na indústria para fabricação de vernizes (CARBÓ et al., 2009).

As árvores são facilmente encontradas em diferentes ecossistemas e por esse motivo a influência ambiental pode ocasionar variações na secreção da resina em termos químicos (MARTIN et al., 1974). A literatura relata a bioatividade da resina de

H. coubaril contra *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae). No estudo, foi constatado que as toxinas presentes na resina, reduziram a população da praga, agindo como inibidoras da digestão (LANGENHEIM et al., 1977).

3.2.5 *Protium heptaphyllum*

Nomeada como a 12ª espécie vegetal mais abundante da Floresta Amazônica (Steege et al., 2013), *P. heptaphyllum*, conhecida popularmente como “Breu-branco”, “Almecegueira” e “Almecega-do-Brasil” pode atingir até 15 m de altura. No tronco da árvore ocorrer a produção de uma resina esbranquiçada que apresenta ação anti-inflamatória e repelente para insetos (MARQUES et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2004). Bioensaios realizados com a nanoemulsão do OE de *P. heptaphyllum*, caracterizaram a espécie como altamente ativa contra o inseto *A. aegypti* (FAUSTINO et al., 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção dos OEs

A coleta das espécies vegetais e o processo de extração dos OEs (Tabela 1) por hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger ocorreu no Laboratório de Plantas Medicinais da Faculdade de Engenharia Florestal na Universidade Federal do Pará - Campus Universitário de Altamira, Pará, sob supervisão. Ao final do processo, os óleos essenciais foram encaminhados a UTFPR Campus Santa Helena para condução do bioensaio.

Tabela 1. Nome científico, origem e nome popular de cada espécime vegetal selecionada para estudo.

Nomes científicos	Origem	Nome popular	Orgão da planta usado
<i>Ayapana triplinervis</i>	América do Sul	Japana	Folhas
<i>Bixa orellana</i>	Brasil	Urucum	Folhas e frutos
<i>Dhysphania ambreosoides</i>	Américas	Mastruz	Folhas
<i>Hymenea courbaril</i>	Brasil	Jatobá	Folhas
<i>Protium heptaphyllum</i>	Brasil	Breu Branco	Resina

4.2 Criação de *S. frugiperda*

Os insetos empregados nesse trabalho foram provenientes de criação mantida no Laboratório de Zoologia de Invertebrados (LABIN), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Santa Helena (UTFPR-SH).

Em condições de laboratório, os insetos adultos receberam como alimento solução aquosa de mel a 10%, e foram mantidos em uma gaiola de PVC. A gaiola

de dimensões 20 x 20 cm teve as paredes totalmente revestidas por papel filtro. Já na base da gaiola, foi utilizado um prato de jardinagem com papel toalha para revestimento. A extremidade posterior a gaiola foi recoberta com tecido do tipo voil. Os insetos permaneceram na gaiola na fase pupal e adulta. A segunda postura dos insetos foi selecionada para condução dos bioensaios, pois de acordo com a literatura é a que apresenta maior viabilidade (Figura 1).

Para alimentar as lagartas da criação e para a condução dos ensaios foi utilizada dieta artificial (PARRA, 2001). A dieta foi composta por: feijão (166,66 g); gérmen de trigo (79,20 g); levedo de cerveja (50,70 g); ácido sórbico (1,65 g); ácido ascórbico (5,10 g); metil p- hidroxibenzeno (nipagin) (3,15 g); ágar (27,0 g); formol PA (4,15 mL); solução inibidora (4,15 mL) composta por ácido propiônico (18 mL); ácido fosfórico (43 mL) e água 954 mL). Para o preparo, o feijão é cozido previamente (Figura 2). Quando atinge temperatura para de fácil manuseio, o feijão é destinado ao copo do liquidificador (juntamente com 750 mL do caldo resultante do cozimento). Em seguida os demais ingredientes acima citados são incorporados, exceto o ágar. O ágar é solubilizado, separadamente, em água destilada (750 mL) e incorporado a mistura. A mistura é levada a aquecimento até início de fervura, obtendo-se assim a dieta artificial.

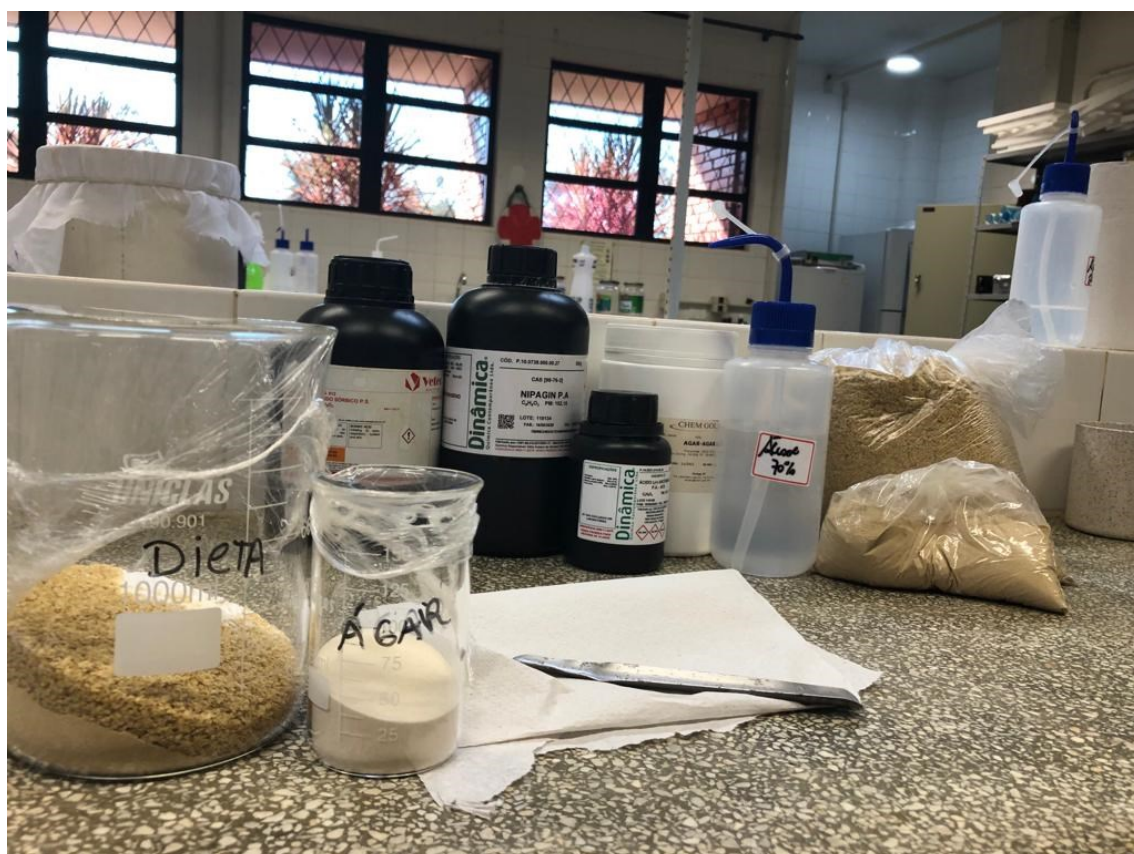
A criação dos insetos e os bioensaios foram mantidos em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h. Os processos acima descritos são mostrados na figura a seguir.

Figura 1 – Criação de *Spodoptera frugiperda* em condições de laboratório. A) Pupas dos insetos em gaiolas. B) Timer para o controle de fotoperíodo. C) Criação dos insetos na fase adulta. D) Ovos obtidos da criação.



Fonte: Autoria própria.

Figura 2 – Ingredientes que compõe a dieta e utensílios para uso.



Fonte: Autoria própria.

4.2 Bioensaio de ingestão

O OEs de *D. ambrosioides* (0,1110 g), *B. orellana* (0,1135 g), *A. triplinervis* (0,1041 g), *H. coubaril* (0,1122 g), *P. heptaphyllum* (0,1853) e *B. orellana* (0,1056) foram solubilizados em solução aquosa de Tween 80 a 1% (10 mL) e adicionados em dieta artificial de Parra (2001) (100 mL), preparada conforme descrito acima na temperatura aproximada de 50° C. Dessa forma a concentração final foi de 1 mg de OE/mL de dieta.

A seguir, pedaços de dieta com pesos de aproximadamente (1,2690 g) foram transferidas para os tubos de vidro (2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura), em cada tubo foi inoculada uma lagarta de segundo instar (48 h de idade, alimentadas previamente com dieta artificial) de *S. frugiperda*. Os tubos foram fechados com algodão hidrofílico (Figura 3).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 50 repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por uma lagarta, mantida individualizada. Os controles foram dieta acrescida de água, e dieta acrescida de solução aquosa de Tween 80 a 1%. O experimento foi mantido em sala climatizada a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 h.

A cada 24 h, durante um período de 168 h, foi avaliada a sobrevivência dos insetos. Foi considerado morto o inseto que não respondeu ao toque de um pincel. Ao final das 168 h o peso das lagartas foi mensurado em balança analítica de 4 dígitos.

Para a análise estatística os dados de sobrevivência dos insetos, ao longo do tempo, foram submetidos à análise de sobrevivência empregando o estimador não-paramétrico de Kaplan-Meier. Adicionalmente, foi estimado o tempo letal mediano (TL₅₀), ou seja, tempo necessário para causar mortalidade em 50% da população. As curvas de sobrevivência foram comparadas pelo teste de comparações múltiplas de pairwise. O peso das lagartas foi comparado pelo teste de Kruskal-Wallis. Todas as análises foram conduzidas no software R (R Development Core Team, 2022).

Figura 3 – Bioensaio de ingestão com *Spodoptera frugiperda*. A) Dieta artificial contendo os óleos essenciais. B) Tratamentos empregados no bioensaio.

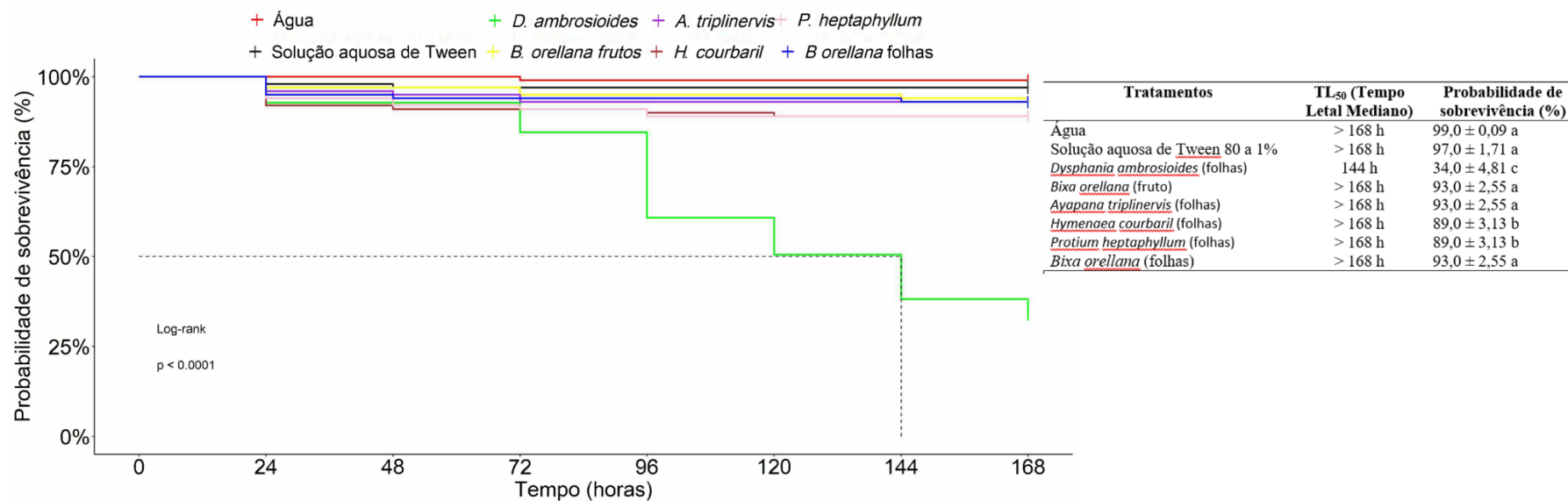


Fonte: Autoria própria.

5 RESULTADOS

O OE de *D. ambrosioides* causou redução na probabilidade de sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda* ($X^2 = 278$; $gl = 7$; $p \leq 0,01$). As lagartas alimentadas com a dieta contendo o óleo de *D. ambrosioides* (folhas) apresentaram TL_{50} de 144 h e probabilidade de sobrevivência, ao término do ensaio, de 34%. Os demais OEs, avaliados nesse trabalho, não causaram mortalidade nas lagartas de *S. frugiperda*, com probabilidades de sobrevivência variando entre 89 e 93% (Figura 4).

Figura 4 - Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após ingestão de dieta artificial contendo óleos essenciais: *Ayapana triplinervis*, *Bixa orellana*, *Dysphania ambrosioides*, *Hymenaea courbaril*, *Protium heptaphyllum* e os controles negativos: dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1% para *Spodoptera frugiperda*.

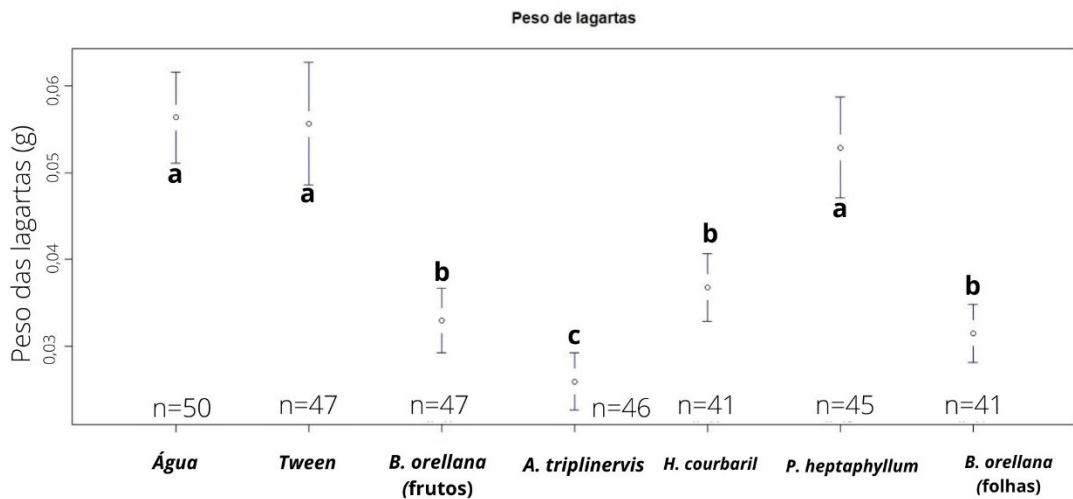


Fonte: Autoria própria.

No que se refere ao peso das lagartas houve diferença significativa entre os tratamentos ($X^2 = 118,56$; gl = 6; $p \leq 0,001$). As lagartas alimentadas com a dieta contendo o OE de *A. triplinervis* foram as que apresentaram maior redução no peso (0,0259 g), com média semelhante quando comparada ao grupo controle, composta de dieta acrescida de água (0,0563 g) e de solução aquosa de Tween 80 a 1% (0,0556 g). Os OEs de *H. courbaril* (0,0368 g), *B. orellana* (0,0329 g) e *B. orellana* (0,0315 g) causaram redução no peso das lagartas, se comparados ao controle, entretanto não houve diferença estatística quando comparados entre si. O OE de *P. heptaphyllum* não causou redução no peso das lagartas, sendo estatisticamente semelhante aos controles negativos, água e solução aquosa de Tween (Figura 5).

Figura 5 - Peso de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dieta artificial contendo óleos essenciais de *Ayapana triplinervis*, *Bixa orellana*, *Hymenaea courbaril*, *Protium heptaphyllum* e os controles negativos: dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1%

*Não foi possível avaliar esse parâmetro para o tratamento em que foi empregado o óleo essencial de *Dysphania ambrosioides* devido à alta taxa de mortalidade encontrada nesse tratamento.



Fonte: Autoria própria.

6 DISCUSSÃO

O óleo essencial de *D. ambrosioides* foi o único capaz de causar mortalidade nas lagartas de *S. frugiperda*, levando assim a um efeito letal. Entretanto, as lagartas

alimentadas com dieta contendo os OEs de *H. courbaril*, *B. orellana*, *B. orellana* e *A. triplinervis* tiveram, como efeito subletal, a redução no seu peso.

A atividade inseticida encontrada no tratamento com o OE *D. ambrosioides* (folhas) está de acordo com estudos descritos na literatura Singh; Pandey (2021) reforçam que pesticidas botânicos a base de *D. ambrosioides* apresentam potencial para a proteção de culturas. Há relatos na literatura da utilização do OE de mastruz aplicado contra a lagarta-do-cartucho em ensaio de ingestão. Trindade et al (2015) encontraram que o extrato aquoso de *D. ambrosioides* provocou a diminuição do peso das pupas *S. frugiperda*, evidenciando a ação tóxica deste óleo. Também pode-se destacar a atividade inseticida dessa planta para o gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) (CHU;HU;LIU, 2011; TAVARES; VENDRAMIM, 2005).

O OE de *A. triplinervis*, apesar de não causar mortalidade nos insetos, reduziu o peso das lagartas. Dessa forma, apresenta substâncias capazes de alterar a biologia de *S. frugiperda*. É relatado, em literatura, o uso de nanoemulsões de *A. triplinervis* para o controle de *A. aegypti*. Também pode-se destacar que em bioensaio sem chance de escolha, esse OE causou atividades antialimentar em: *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), *Crocidolomia binotalis* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) (FACKNATH, 2008).

A espécime vegetal *H. courbaril*, em experimentos com *A. aegypti*, causou altas taxas de mortalidade para esse inseto (EVERTON et al., 2020). Bioensaios com *S. exigua* provaram o potencial dessa planta na redução de sobrevivência da praga e peso médio das lagartas (LANGENHEIM, 1997). Entretanto, no presente trabalho, apenas redução no peso das lagartas foi constatado.

A literatura menciona bioensaios realizados por Giorgi et al. (2013), em que foi usado o OE extraído das sementes de *B. orellana*. Esse tratamento foi aplicado em braços de voluntários humanos contra *A. aegypti*, sendo verificado efeito repelente. Todavia, no presente trabalho foi verificada apenas redução no peso de lagartas.

No que diz respeito a *P. heptaphyllum*, estudos realizados contra *A. aegypti*, utilizando nanoemulsão do OE da resina de *P. heptaphyllum* constataram bioatividade para ovos, larvas e pupas do mosquito (FAUSTINO, 2021). No estudo de Faustino et

al. (2020), também com *A. aegypti*, a resina extraída da espécime vegetal causou a mortalidade da metade da população de *A. aegypti* em 24 horas de exposição, sendo portanto classificado como altamente ativo contra o inseto. Apesar destes resultados, a aplicação do OE de *P. heptaphyllum* não foi tóxico contra *S. frugiperda* no presente trabalho.

Dessa maneira, em ensaio de ingestão com os OEs empregados nesse trabalho, verificou-se atividade inseticida somente para o OE de *D. ambrosioides*, destacando-se como promissor.

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi constatado que o OE de *D. ambrosioides* causou mortalidade em lagartas de *S. frugiperda*, em ensaio de ingestão. Os óleos de *H. courbaril*, *B. orellana*, *B. orellana* e *A. triplinervis* causaram como efeito subletal a redução no peso dos insetos.

O uso indiscriminado de plantas geneticamente modificadas e de inseticidas químicos sintéticos tem causado seleção de populações de insetos resistentes. Em vista disso, o uso de produtos derivados do metabolismo de plantas, tais como OEs mostram-se promissores para o Manejo Integrado de Pragas. Entre as espécimes empregadas nesse trabalho, *D. ambrosioides* apresentou como candidata potencial para o controle de *S. frugiperda* visando desenvolvimento de um inseticida botânico.

Para trabalhos futuros neste seguimento de trabalho, seria importante o manuseio das substâncias puras do óleo essencial que causou a mortalidade dos insetos, para comprovar assim sua eficácia, ou também a junção de *D. ambrosioides* com outros óleos que causaram o efeito subletal nos insetos.

O uso indiscriminado de plantas geneticamente modificadas e de inseticidas químicos sintéticos tem causado seleção de populações de insetos resistentes. Em vista disso, o uso de produtos derivados do metabolismo de plantas, tais como OEs mostram-se promissores para o Manejo Integrado de Pragas. Entre as espécimes empregadas nesse trabalho, *D. ambrosioides* apresentou como candidata potencial para o controle de *S. frugiperda* visando desenvolvimento de um inseticida botânico.

Para trabalhos futuros neste seguimento de trabalho, seria importante o manuseio das substâncias puras do óleo essencial que causou a mortalidade dos insetos, para comprovar assim sua eficácia, ou também a junção de *D. ambrosioides* com outros óleos que causaram o efeito subletal nos insetos.

REFERÊNCIAS

- ASTOLFI FILHO, S.; NUVES-SILVA, C. G.; BIGI, M. de F. M. A. Bioprospecção e biotecnologia Spartaco. **Parcerias Estratégica**, v. 19, n. 38, p. 45–80, 2014. http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/732/672
- BERNARDI, O.; HERCOS V.; F.; OMOTO, C. Susceptibility of *Euschistus heros* and *Dichelops furcatus* (Hemiptera: Pentatomidae) to Selected Insecticides in Brazil View project Bases para o manejo da resistência a inseticidas e toxinas de *Bacillus thuringiensis* Berliner em alguns insetos-praga no Brasil **View project**. <https://www.researchgate.net/publication/253241843>
- BIALECKI, A.; MARODON, C.; Essential oil of *Ayapana triplinervis* from Reunion Island: A good natural source of thymohydroquinone. dimethyl ether. (2008) <https://doi.org/10.1016/j.bse.2008.09.006>
- BOAVENTURA, D., MARTIN, M.; POZZEBON, A.; MOTA-SANCHEZ, D., NAUEN, R. Monitoring of target-site mutations conferring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda*. **Insects**, 11(8), 1–15. (2020) <https://doi.org/10.3390/insects11080545>
- BOBROWSKI, V. L.; FIUZA, L. M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M. H.; Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, set-out. 34(1), 843–850. (2003).
- BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J. R. P.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. **Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions**. Embrapa soja. 2011
- CARBÓ, M. T.D.; CRUZ-CAÑIZARES, J.; OSETE-CORTINA, L.; DOMÉNECH-CARBÓ, A.; DAVID, H. Ageing behaviour and analytical characterization of the Jatobá resin collected from *Hymenaea stigonocarpa* Mart. **International Journal of Mass Spectrometry**, 284(1–3), 81–92. (2009). <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2008.12.015>
- CHU, S. S.; HU, F. J.; LIU, Z. L.. Composition of essential oil of Chinese *Chenopodium ambrosioides* and insecticidal activity against maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Pest Management Science**, 67(6), 714–718. <https://doi.org/10.1002/PS.2112> (2011).
- CRAVEIRO, A. A.; QUEIROZ, D. C. Óleos essenciais e química fina. **Química nova**, v. 16, n. 3, p. 224-228, 1993.
- CRUZ, I. **A lagarta do cartucho do milho**. Embrapa circular técnica. Novembro 1995. Sete lagoas. MG. 08/05/2022
- DUFERA, L. T.; TADESSE, A. Y.; GOBENA, W. S.; KUYU, C. G. On Farm Evaluation of *Eucalyptus globulus* Labill Leaf and *Chenopodium ambrosioides* L.

Whole Plant Powder against Storage Insect Pests in Stored Maize at Sokoru District in Jimma Zone of Oromia Regional State, Ethiopia. **Psyche** (London), 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2306742>

DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) a Lambda-Cialotrina. **Proteção de Plantas**, 30(2), 311–316. (2001)

EVERTON G. O.; MAFRA N. S. C.; SALES H. E.; Rosa P. V. S.; Farias W. K. S.; Pinheiro F. S.; Óleo essencial das cascas descartadas do fruto de *Hymenaea courbarill*. como larvicida frente *Aedes aegypti*. **Research Society and Development**, v. 9, n. 10, e1389108437, 2020

FACKNATH, S.; LALIJE, B. Study of Various Extracts of *Ayapana triplinervis* for their Potential in Controlling Three Insect Pests of Horticultural Crops. **Tropicultural**, , 26, 2 119-124. 2008

FAUSTINO C.G.;MEDEIROS F. A.; RIBEIRO G. A. K.; LOBATO R. A. B.; LOPES M. R.; MEDEIROS, S. L. Y.; FECHINE T. J.; ALVES, M. M. A.; S. CRUZ, J. A.; Larvicide Activity on *Aedes aegypti* of Essential Oil Nanoemulsion from the *Protium heptaphyllum* Resin. **Molecules**. 2020 Nov 16;25(22):5333. doi: 10.3390/molecules25225333. PMID: 33207537; PMCID: PMC7698178.

FAUSTINO, G. C.; MEDEIROS, F. A.; GALARDO R. A. K.; RODRIGUES, L. B. A.; COSTA, P. L. A.; MARTINS, L. R.; BRANDÃO, B. L.; SANTOS L. L.; MEDEIROS, A. A. M., CANTUÁRIA C.P.; FARIAS F. L. A.; CRUZ, S. J.; ALMEIDA, S. M. S. S.; Biocidal Activity of a Nanoemulsion Containing Essential Oil from *Protium heptaphyllum* Resin against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) **Journals Molecules**. v. 26 n 21. (2021) 10.3390/molecules26216439

FIGUEIREDO, M. L. C.; PENTEADO, D. A. M.; CRUZ, I.; **Danos provocados por *Spodoptera frugiperda* na Produção de Matéria Seca e nos Rendimentos de Grãos, na Cultura do Milho** Maria. Embrapa, Dezembro, 1–6. (2005).

GIORGI, A.; MARINIS, P.; GRANELLI, G.; CHIESA, L. M.; PANSERI, S. Secondary metabolite profile, antioxidant capacity, and mosquito repellent activity of *Bixa orellana* from Brazilian Amazon region. **Journal of Chemistry**. (2013). <https://doi.org/10.1155/2013/409826>

GOERGEN, G.; KUMAR, P. L.; SANKUNG, S. B.; TOGOLA, A.; TAMÒ, M. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. **PLoS ONE**, 11(10), 1–9. (2016). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632>.

GOMES, I. **IBGE eleva para 278 milhões de toneladas projeção da safra 2022**,. 09 Dezembro 2022. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/32505-ibge-eleva-para-278-milhoes-de-toneladas-projecao-da-safra-2022>

GRUSS, S. M.; GHASTE, M.; WIDHALM, J. R.; TUINSTRA, M. R. Seedling growth and fall armyworm feeding preference influenced by dhurrin production in sorghum. **Theoretical and Applied Genetics**, 1, 1–11. (2022) <https://doi.org/10.1007/S00122-021-04017-4/TABLES/2>

HARDKE, J. T.; LORENZ, G. M.; LEONARD, B. R. Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Ecology in Southeastern Cotton. **Jurnal of Integrated Pest Management**, 6(1), 10. (2015). <https://doi.org/10.1093/JIPM/PMV009>

HE, H.; Zhou, A.; He. L. The frequency of cannibalism by *Spodoptera frugiperda* larvae determines their probability of surviving food deprivation. **J Pest Sci** 95, 145–157 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01371-6>.

IBGE. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-bruto-da-producao-de-2021-e-o-maior-em-32-anos>>16, Janeiro, 2021.

KARMAKAR, U.; NATH, N.; BISWAS, N.; HOSSAIN, M. L; Antioxidant, Analgesic, Antimicrobial, and Anthelmintic Activity of the Dried Seeds of *Bixa orellana* (L). Antibiotics prescription pattern in Khulna, Bagerhat, Satkhira and Dhaka region View Project. **Phytochemical and pharmacological screening of plants View project**. <http://www.pharmascholars.com> (2018).

KERGOAT, G. J.; GOLDSTEIN, P. Z.; LE RU, B.; MEAGHER, R. L.; ZILLI, A.; MITCHELL, A.; CLAMENS, A. L.; GIMENEZ, S.; BARBUT, J.; NÈGRE, N.; D'ALENÇON, E.; NAM, K.; A novel reference dated phylogeny for the genus *Spodoptera Guenée* (Lepidoptera: Noctuidae: Noctuinae): new insights into the evolution of a pest-rich genus. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, p.161. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2021.107161>

LANGENHEIM, J. H.; FOSTER, C. E.; MCGINLEY, R. B. **Hymenaea Leaf Resins on a Generalist Herbivore *Spodoptera exigua*** V.8, 1977.

LÓPEZ, S.; DOMÍNGUEZ, A.; GUERRERO, Á.; QUERO, C.. Inhibitory effect of thymol on pheromone-mediated attraction in two pest moth species. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1–10. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79550-1>

LIMA, M. S.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, O. F.; Silva, K. M. B.; Freitas, F. C. L. Corn yield response to weed and fall armyworm controls. **Planta Daninha**, v. 28, p. 103–111, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000100013>

LV, S. L.; SHI, Y.; ZHANG, J. C.; LIANG, P.; ZHANG, L.; GAO, X. W. Detection of ryanodine receptor target-site mutations in diamide insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* in China. **Insect Science**, v. 28 p.639–648, 2021. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12896>

M. SHAFIQ, A.; MALP, A. M. S. A. Environmental deterioration and human health: Natural and anthropogenic determinants. In **Insecticides: Impact on the**

Environment and Human Health M. p. 99–123, 2014. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7890-0>

MAITY, R.; MONDAL, P.; GIRI, M. K.; GHOSH, C.; MALLICK, C. Gastroprotective effect of hydromethanolic extract of *Ayapana triplinervis* leaves on indomethacin-induced gastric ulcer in male Wistar rats. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, p.8, 2021. <https://doi.org/10.1111/JFBC.13859>

MARQUES, D.D.; SARTORI, R.A.; LEMOS, G. T.; MACHADO, L. L.; SOUZA, S. M. J.; MONTE, J. Q. F. Chemical composition of the essential oils from two subspecies of *Protium heptaphyllum*. v.40, p. 227–230, 2010.

MARTIN, S. S.; LANGENHEIM, J. H.; ZAVARIN, E. **Quantitative Variation in Leaf Pocket Resin Composition in *Hymenaea courbaril***. In *Biochemical Systematics and Ecology* V. 2, **Pergamon Press**, 1974.

MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; SOUSA-SILVA, J. C.; MORAES, S. V.; PETERSON, J. A.; HUNT, T. E. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African Entomology**, v.2, p. 286–300, 2018. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>

MOREIRA, M.; PICANÇO, M.; MORENO, S.; MARTINS, J. C. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas uma abordagem moderna para os sistemas de tomada de decisão de controle do tripses *Frankliniella schultzei* View project **Ecotoxicological Assessment of Environmental Impacts View project**. 2018. <https://www.researchgate.net/publication/268358966>

MORAIS, L. A., SCARDINI, J., PRADO, M.. **Plantas com Atividade Inseticida**. Embrapa. 2016

NASR, M.; JALALI S. J.; MOHARRAMIPOUR, S.; ZIBAEI, A. Evaluation of *Origanum vulgare* L. essential oil as a source of toxicant and an inhibitor of physiological parameters in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. 2017

NAYYAR, N.; GRACY, R. G.; ASHIKA, T. R.; MOHAN, G.; SWATHI, R. S.; MOHAN, M.; CHAUDHARY, M.; BAKTHAVATSALAM, N.; VENKATESAN, T. Population structure and genetic diversity of invasive Fall Armyworm after 2 years of introduction in India. **Scientific Reports**, v.1, p.1–12, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87414-5>

OLIVEIRA, E. R; ALVES, D. S.; CARVALHO, G. A.; AAZZA, S.; KELLY, S.; BERTOLUCCI, V. Toxicity of *Cymbopogon flexuosus* essential oil and citral for *Spodoptera frugiperda*. v.4, p. 408–419, 2018.

OLIVEIRA, F. A.; VIEIRA, G.J. M.; CHAVES, M. H.; ALMEIDA, F. R. C.; FLORÊNCIO, M. G.; LIMA, R. C. P.; SILVA, R. M.; SANTOS, F. A.; RAO, V. S. N. Gastroprotective and anti-inflammatory effects of resin from *Protium heptaphyllum* in

mice and rats. **Pharmacological Research**, v.2, p.105–111, 2004
<https://doi.org/10.1016/J.PHR.2003.09.001>

OLIVEIRA, S. M. M.; JOSE V. L. A.J.; Processos de extração de óleos essenciais. Instituto de Tecnologia do Paraná. p.3, 2007.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 2001.

PINTO, L. M. R. B. **A importância da bioprospecção para desenvolvimento sustentável na amazônia legal: o Açaí com base em Saccaro Junior**. Universidade Federal Do Amazonas - Dissertação De Mestrado. 2021

PROMIP. **Manejo integrado da *Spodoptera frugiperda* no milho**. Disponível em: <https://promip.agr.br/o-manejo-integrado-da-spodoptera-frugiperda-no-milho/> Acesso em: 08/05/2022.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: The R Project for Statistical Computing**. 2018.

RIBEIRO, R. V.; BIESKI, I. G. C.; BALOGUN, S. O.; MARTINS, D. T. **Ethnobotanical study of medicinal plants used by Ribeirinhos in the North Araguaia microregion, Mato Grosso, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology***, v.5, p. 69–102, 2017.
<https://doi.org/10.1016/J.JEP.2017.04.023>

RODRIGUES, A. B. L.; MARTINS, R. L.; RABELO, M.; TOMAZI, R.; SANTOS, L. L.; BRANDÃO, L. B.; FAUSTINO, C. G.; FARIAS, A. L. F.; SANTOS, C. B. R.; CANTUÁRIA, P. C.; GALARDO, A. K. R.; SILVA ALMEIDA, S. S. M. Development of nano-emulsions based on *Ayapana triplinervis* essential oil for the control of *Aedes aegypti* larvae. **PLOS ONE**, v. 7, p.25. 2021.
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0254225>

ROSA, A.P.A. **Biologia e tabela de vida de fertilidade de *spodoptera frugiperda* (JE. SMITH) em linhagens de milho**. Embrapa clima temperado. p. 32-45, 2012.
<https://doi.org/10.1590/S1808-16572012000100006>

SHYLESHA, A. N.; JALALI, S. K.; GUPTA, A.; VARSHNEY, R.; VENKATESAN, T.; SHETTY, P.; OJHA, R.; GANIGER, P. C.; NAVIK, O.; SUBAHARAN, K.; BAKTHAVATSALAM, N.; BALLAL, C. R. A. Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. **Journal of Biological Control**, v. 3, p.145–151, 2018.
<https://doi.org/10.18311/jbc/2018/21707>

SINGH, P.; PANDEY, A.K. *Dysphania ambrosioides* essential oils: from pharmacological agents to uses in modern crop protection—a review. **Phytochem Rev.** v.21, p. 141–159, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09752-6>

SOUZA, L. Flora das microrregiões Quirinópolis e Sudoeste Goiano, com potencial econômico Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, v. 44, p.109–127, 2015.

STANLEY, J.; PREETHA, G. Pesticide toxicity to non-target organisms: Exposure, toxicity and risk assessment methodologies. In *Pesticide Toxicity to Non-target Organisms: Exposure, Toxicity and Risk Assessment Methodologies* 2016. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7752-0>

TABASHNIK, B. E., CARRIÈRE, Y. Surge in insect resistance to transgenic crops and prospects for sustainability. *Nature Biotechnology*, v.10, p. 926–935, 2017. <https://doi.org/10.1038/nbt.3974>

TAVARES, M. A.G.C.; VENDRAMIM J. D. Bioatividade da Erva-de-Santa-Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., Sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) *Neotropical Entomology* v.2, p. 319-323, 2005.

TRINDADE, R. C. P.; FERREIRA, E. S.; GOMES, I. B.; SILVA, L., S, A. E. G.; BROGLIO, S. M. F.; SILVA, M. S. Extratos aquosos de inhame (*Dioscorea rotundata* Poirr.) e de mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.) no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.2, p. 291–296, 2015. https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_082

THE GUARDIAN. **Armyworms: The hungry caterpillar threatening a global food crisis**. 2017. Disponível em: <https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2017/may/16/armyworms-the-hungry-caterpillar-threatening-a-global-food-crisis>. Acesso em 08/03/2022

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S.; **Controle Biológico da Lagarta do Cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com Baculovirus** Circular Técnica; IBGE; Sete lagoas, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1344498/2767891/controle-biologico-da-lagarta-do-cartucho-com-baculovirus.pdf/2e536084-d40f-4e6f-8145-b6880c1487a5#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20como%20agente%20usados%20de%20forma%20adequada>. Acesso em: 09/12/2021.

VACILENTE, F. H. **Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho**. Circular Técnica. IBGE. Sete lagoas. MG. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125260/1/circ-208.pdf>

YEN, J. H., Lin, K. H., & Wang, Y. S. Potential of the insecticides acephate and methamidophos to contaminate groundwater. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.1, p.79–86, 2000. <https://doi.org/10.1006/eesa.1999.1846>