



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM AGRONOMIA

DANIELE MUNIZ DOS REIS

**ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Alpinia zerumbet*, *Syzygium cumini* E *Aniba
rosaeodora*: TOXICIDADE, EFEITOS NOS COMPONENTES NUTRICIONAIS E
PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE)**

TERESINA

2023

DANIELE MUNIZ DOS REIS

ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Alpinia zerumbet*, *Syzygium cumini* E *Aniba rosaeodora*: TOXICIDADE, EFEITOS NOS COMPONENTES NUTRICIONAIS E PARÂMETROS BIOLÓGICOS DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação em Agronomia - PPGA da Universidade Federal do Piauí, na área de concentração Manejo de Espécies Vegetais e linha de pesquisa Manejo Integrado de Pragas/Inseticidas Naturais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora. Prof. Dra. Solange Maria de França
Coorientador. Prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa

TERESINA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial CCA
Serviço de Representação da Informação

R375o Reis, Daniele Muniz dos.
Óleos essenciais de *Alpinia zerumbet*, *Syzygium cumini* e *Aniba rosaeodora*: toxicidade, efeitos nos componentes nutricionais e parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae) / Daniele Muniz dos Reis. -- 2023.
62 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Pós-graduação em Agronomia, Teresina, 2023.

“Orientadora: Profa. Dra. Solange Maria de França.”

1. Longevidade. 2. Sobrevivência. 3. Efeitos subletais. 4. Controle alternativo. I. França, Solange Maria de. II. Título.

CDD 661.806

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

DANIELE MUNIZ DOS REIS

**ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Alpinia zerumbet*, *Syzygium cumini* E *Aniba rosaeodora*:
TOXICIDADE, EFEITOS NOS COMPONENTES NUTRICIONAIS E PARÂMETROS
BIOLÓGICOS DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

APROVADA em 17 de julho de 2023

Comissão Julgadora:



Documento assinado digitalmente
KAMILLA DE ANDRADE DUTRA
Data: 17/07/2023 13:00:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Kamilla de Andrade Dutra – SEDUC-PE/Membro Externo



Documento assinado digitalmente
CYNARA MOURA DE OLIVEIRA
Data: 18/07/2023 10:18:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Cynara Moura de Oliveira – UEMA/Membro Externo



Documento assinado digitalmente
GLAUCILANE DOS SANTOS CRUZ
Data: 17/07/2023 12:49:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Glaucilane dos Santos Cruz – UFRPE/Membro Externo



Documento assinado digitalmente
DOUGLAS RAFAEL E SILVA BARBOSA
Data: 19/07/2023 22:04:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa – IFMA/Membro Interno
(Coorientador)**



Documento assinado digitalmente
SOLANGE MARIA DE FRANÇA
Data: 19/07/2023 21:49:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof^a. Dr^a. Solange Maria de França – UEMA
(Orientador)**

**TERESINA-PI
2023**

DEDICO,
À Deus minha base, meus pais José
Raimundo e Ana Cleide, meu avô
Bernardo, minhas irmãs Hátilla Jossana
e Ana Patrícia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me erguer até aqui, por ser meu sustento nos melhores e piores momentos.

A Universidade Federal do Piauí (UFPI), por conceder o meu título de mestre e fazer parte do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA).

A FAPEMA pelo suporte financeiro para realização da pesquisa.

Ao meu querido IFMA Campus Codó pela parceria na Pesquisa.

A minha mãe Ana Cleide Muniz, sei que não foi fácil nossa distância em busca da educação, te admiro muito mãezinha, és minha fonte de incentivo e força.

Ao meu Pai José Raimundo Abreu dos Reis, por me mostrar que o trabalho honesto e a educação me levariam longe, sou grande admiradora do grande homem que és.

Minhas irmãs Hátilla Jossana Muniz dos Reis e Ana Patrícia Muniz dos Reis pelo apoio e incentivo nos estudos.

Ao meu grande e amado avô Bernardo Costa dos Reis, serei eternamente grata, por toda ajuda na minha educação. Minhas tias Raimunda Maria Salazar e Gardênia Maria Salazar por toda ajuda na minha educação.

Ao André Marcos Neves por está comigo em todos os momentos.

A minha mana Dávila Esmelinda Oliveira por toda ajuda, incentivo e amizade. Obrigada por sempre me apoiar e pelos melhores conselhos.

Ao Isaías pela ajuda no laboratório com as análises e extração dos óleos, serei eternamente grata. Ao Dayvid e Afonso pela ajuda e parceria no laboratório.

A Ynayanna Nariza Medeiros Silva e Ana Raquel Pereira de Melo Por toda ajuda durante essa trajetória. A Maria Eduarda Cabral pelo companheirismo nessa trajetória do mestrado.

A prof^a Dra. Solange Maria de França por toda orientação, por todos os ensinamentos com a escrita.

Ao prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa, por tudo, por toda disposição na orientação, pelo incentivo para ingressar no mestrado e principalmente por ser um grande amigo.

Ao prof Dr. Antônio Alisson Fernandes Simplício por todas palavras de conforto e conselhos. Ao prof Dr. Mariano Oscar Aníbal Ibañez Rojas por sempre está disposto a ajudar e pelo incentivo.

RESUMO

O uso de óleos essenciais nos últimos anos tem ganhado destaque na investigação científica como alternativa sustentável de controle de pragas agrícolas, em especial do gênero *Spodoptera*. Há uma diversidade de plantas da flora brasileira que podem ser exploradas, e que possuem componentes químicos importantes para o controle da *Spodoptera frugiperda*. Objetivou avaliar a toxicidade, os efeitos nos componentes nutricionais e nos parâmetros biológicos dos óleos essenciais de *Alpinia zerumbet*, *Syzygium cumini* e *Aniba rosaeodora* sobre *S. frugiperda*. A toxicidade dos óleos essenciais foi testada sobre lagartas de 3º ínstar. As doses letais e a razão de toxicidade foram calculadas para cada óleo. Para avaliar os parâmetros nutricionais de proteínas solúveis totais, lipídios, açúcar e glicogênio, as lagartas foram submetidas às DL₂₀ dos respectivos óleos essenciais. Foram avaliadas a longevidade de adultos e os parâmetros biológicos a partir do tratamento com a DL₂₀. Todos os óleos apresentaram toxicidade *S. frugiperda*, porém o *A. zerumbet* foi considerado mais tóxico, com a menor DL₅₀. Não houve diferença na toxicidade dos óleos para DL₉₀. Não houve redução na quantidade de proteínas em lagartas tratadas com as DL₂₀ dos óleos essenciais. Para lipídio, apenas *A. zerumbet* ocasionou redução em comparação com o controle. Enquanto para açúcar houve redução quando tratadas com *A. rosaeodora* e *S. cumini*. Todos os óleos provocaram redução na quantidade de glicogênio. Logo, para os parâmetros biológicos, os óleos essenciais *S. cumini* e *A. rosaeodora* afetaram de forma significativa a sobrevivência e reduziram a longevidade adultos, porém para o período larval e pupal não houve diferença com relação ao controle. Portanto os resultados deste estudo indicam que os óleos essenciais testados apresentam potencial para o controle de *S. frugiperda*, podendo ser utilizado como método de controle sustentável.

Palavras-Chave: Longevidade, sobrevivência, efeitos subletais, controle alternativo

ABSTRACT

The use of essential oils in recent years has gained prominence in scientific research as a sustainable alternative for controlling agricultural pests, especially those of the *Spodoptera* genus. There is a diversity of Brazilian flora plants that can be explored and which have important chemical components for the control of *Spodoptera frugiperda*. It aimed to evaluate the toxicity, effects on nutritional components, and biological parameters of the essential oils of *Alpinia zerumbet*, *Syzygium cumini*, and *Aniba rosaeodora* on *S. frugiperda*. The toxicity of essential oils was tested on 3rd instar caterpillars. Lethal doses and toxicity ratios were calculated for each oil. To evaluate the nutritional parameters of total soluble proteins, lipids, sugar, and glycogen, the caterpillars were subjected to the LD₂₀ of the respective essential oils. The longevity of adults and biological parameters were evaluated based on treatment with LD₂₀. All oils showed toxicity to *S. frugiperda*, but *A. zerumbet* was considered more toxic, with the lowest LD₅₀. There was no difference in the toxicity of the oils for LD₉₀. There was no reduction in the amount of protein in caterpillars treated with the LD₂₀ of essential oils. For lipids, only *A. zerumbet* caused a reduction compared to the control. While for sugar, there was a reduction when treated with *A. rosaeodora* and *S. cumini*. All oils cause a reduction in the amount of glycogen. Therefore, for biological parameters, the essential oils *S. cumini* and *A. rosaeodora* significantly affected adult survival and reduced longevity; however, for the larval and pupal periods, there was no difference in relation to the control. Therefore, the results of this study indicate that the essential oils tested have potential for controlling *S. frugiperda* and can be used as a sustainable control method.

Keywords: Longevity, survival, sublethal effects, alternative control

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Quantidade de proteínas totais oriundos de lagartas de 3º instar de *S. frugiperda* submetidas a DL₂₀, por contato tópico, dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P>0,05).....38
- Figura 2.** Quantidade de lipídios oriundos de lagartas de 3º instar de *S. frugiperda* submetidas a DL₂₀, por contato tópico, dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de de Tukey (P>0,05).40
- Figura 3.** Quantidade de açúcar total oriundos de lagartas de 3º instar de *S. frugiperda* submetidas a DL₂₀, por contato tópico, dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P>0,05).....40
- Figura 4.** Quantidade de glicogênio oriundos de lagartas de 3º instar de *S. frugiperda* submetidas a DL₂₀, por contato tópico, dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P>0,05).....41
- Figura 5.** Sobrevivência diária de adultos provenientes de larvas de terceiro instar de *S. frugiperda* submetidas à DL₂₀ dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*.42
- Figura 6.** Período larval de *S. frugiperda* após a aplicação da dose letal DL₂₀ dos óleos essenciais de *A. rosaeodora*, *A. zerumbet* e *S. cumini*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P>0,05).43
- Figura 7.** Período pupal de *Spodoptera frugiperda* após a aplicação da dose letal DL₂₀ dos óleos essenciais de *A. rosaeodora*, *A. zerumbet* e *S. cumini* em larvas de terceiro instar. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P>0,05).44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química dos óleos essenciais de <i>A. zerumbet</i> , <i>S. cumini</i> e <i>A. rosaeodora</i> com as porcentagens relativas.....	34
Tabela 2. Toxicidade por contato tópico (mg/g) dos óleos essenciais de <i>A. zerumbet</i> , <i>S. cumini</i> e <i>A. rosaeodora</i> em <i>S. frugiperda</i> (lagartas de 3 ^o ínstar).	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Lagarta-do-cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	14
2.1.1 Aspectos gerais	14
2.1.2 Fatores que influenciam a incidência da <i>Spodoptera frugiperda</i>	15
2.1.3 Severidade e perdas ocasionadas	16
2.2 Controle da <i>Spodoptera frugiperda</i>	17
2.2.1 Inseticidas sintéticos	17
2.2.2 Manejo alternativo.....	18
2.3 Inseticidas Botânicos	20
2.3.1 Aspectos gerais dos inseticidas botânicos	20
2.3.2 Vantagens do uso de óleos essenciais	21
2.3.3 <i>Alpinia zerumbet</i>	22
2.3.4 <i>Syzygium cumini</i>	23
2.3.5 <i>Aniba rosaeodora</i>	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Criação de <i>S. frugiperda</i>	28
3.2 Identificação do material botânico	28
3.3 Extração dos óleos essenciais e preparo da matéria prima	28
3.4 Análise cromatográfica e espectrometria de massas	29
3.5 Identificação química dos óleos essenciais	29
3.6 Teste por contato tópico	29
3.7 Quantificação de proteínas solúveis totais em <i>S. frugiperda</i>	30
3.8 Análises de lipídio, açúcar total e glicogênio	30
3.9 Efeito dos óleos essenciais na longevidade de <i>S. frugiperda</i>	31
3.10 Efeito dos óleos essenciais nos parâmetros biológicos da <i>S. frugiperda</i>	31
3.11 Análise estatística e delineamento experimental.	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Identificação química dos óleos essenciais	32

4.2 Teste por contato tópico	35
4.3 Quantificação de proteínas solúveis totais em <i>S. frugiperda</i>.....	37
4.4 Análises de lipídio, açúcar total e glicogênio	38
4.5 Efeito dos óleos essenciais na longevidade de <i>S. frugiperda</i>.....	41
4.6 Efeito dos óleos essenciais nos parâmetros biológicos da <i>S. frugiperda</i>	42
5 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma importante praga agrícola, nativa das regiões tropicais e subtropicais das américas. Inseto-praga de hábito polígafo, com aptidão em diferentes plantas hospedeiras, podendo ser encontrada em diversos países, devido alta capacidade de desenvolvimento em ambientes diferentes, alta taxa de distribuição e capacidade de migração (NAGOSHI et al., 2017; WAN et al., 2021). As condições climáticas tais como temperatura elevada e baixa precipitação pluviométrica, associadas a biologia da lagarta são favoráveis aos surtos acometidos por este inseto-praga e conseqüentemente aos expressivos danos econômicos (MARTINS; ROSA, 2007).

No Brasil existem inseticidas registrados para controle de *S. frugiperda* em 46 diferentes culturas, desde hortícolas como alface e rúculas, a grandes culturas como algodão, cana-de-açúcar, milho, trigo e soja. Somente o milho destaca-se com 264 inseticidas registrados para essa praga, entre eles estão diversos grupos químicos como os piretróides, organofosforados e espinosinas (BRASIL, 2023). Entretanto, a seleção de populações de *S. frugiperda* resistentes aos métodos de controle utilizados é cada dia mais crescente. Espinosinas são uns dos principais inseticidas utilizados, entretanto já existem populações de *S. frugiperda* com resistência cruzada a esse inseticida (LIRA et al., 2020; APRD, 2021). A resistência de populações de *S. frugiperda* vem sendo relatada até em métodos mais modernos como o uso de plantas geneticamente modificadas como a tecnologia do *Bacillus thuringiensis* (milho Bt), sendo que esses eventos de resistência das populações dessa praga têm dificultado cada dia mais o manejo integrado de *S. frugiperda* (MACHADO et al., 2020).

Ultimamente os óleos essenciais têm se destacado como alternativa promissora contra *S. frugiperda* (DUTRA et al., 2020). Esses produtos de origem botânica são ecologicamente corretos porque não persistem no meio ambiente e degradam rapidamente em relação aos produtos de base sintética (CRUZ et al., 2016). Além disso, são considerados seguros para o uso agrícola, pois além de apresentarem menor impacto ambiental, mostram eficiência em sua aplicação (OLIVEIRA et al., 2007; PAVELA; BENELLI, 2016).

Algumas famílias botânicas são fontes de óleos essenciais com constituição diversa, dentre estas estão Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Lamiaceae,

Laureaceae, Myrtaceae, Piperaceae, Poaceae, Rutaceae e Zingiberaceae (KNAAK; FIUZA, 2010). Os óleos essenciais têm em sua composição principalmente mono e sesquiterpenos, fenilpropanóides e alcaloides que conferem suas características organolépticas, podendo apresentar propriedades inseticidas (OOTANI et al., 2013). Eles apresentam alta efetividade, múltiplos mecanismos de ação, potencial para o uso como biopesticidas, sendo também agentes redutores e estabilizadores para a síntese de nanopesticidas (PAVELA; BENELLI, 2016). O estudo dos óleos essenciais é fundamental para um melhor entendimento e uso mais direcionado, a fim de elucidar também os efeitos dos seus constituintes sobre a nutrição e reprodução dos insetos (CRUZ et al., 2017). Assim, efeitos negativos em parâmetros nutricionais e reprodutivos podem estar diretamente relacionados, tendo como causa a absorção reduzida de nutrientes, como lipídios, carboidratos, glicogênio e açúcares totais, uma vez que o sucesso biológico dos insetos adultos está ligado à aquisição de nutrientes em estágios imaturos (ALVES et al., 2013, CRUZ et al., 2017, SANTOS et al., 2021).

Diversos óleos essenciais têm sua toxicidade comprovada sobre *S. frugiperda*. Os óleos essenciais de *Eucalyptus staigeriana* (Myrtaceae), *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae) e *Foeniculum vulgare* (Apiaceae) apresentam efeitos letais e subletais alterando a biologia e os parâmetros reprodutivos (CRUZ et al., 2016). O óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae) nas concentrações de 30 e 50 mg/L reduz a sobrevivência e afeta parâmetros biológicos de *S. frugiperda* (CRUZ et al., 2014). Óleos de *Piper* spp. (Piperaceae) além de apresentarem toxicidade, ocasionam relevantes alterações nos parâmetros nutricionais, afetando as quantidades de proteínas totais, lipídios, carboidratos e glicogênio (DUTRA et al., 2020). O óleo de *Piper marginatum* (CL₃₀ e CL₅₀) é eficaz no controle e ocasiona dano embrionário mesmo em concentrações mais baixas (GUEDES et al., 2020).

A grande riqueza na flora brasileira nos proporciona uma imensa vastidão de espécies vegetais que ocorrem especialmente no Nordeste e que é pouco explorada quanto à atividade inseticida. *Alpinia zerumbet* (Zingiberaceae) é uma planta aromática, encontradas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, popularmente chamada por “gingibre de casca” (JI et al., 2019). As folhas e rizomas são ricas em ácidos fenólicos, fenilpropanóides, esteróis e os terpenóides (GHAREEB et al., 2018; NISHIDONO et al., 2020). Apresenta ação antioxidante, antibacteriana, anti-inflamatórios e entres outras (YAN et al., 2014; GHAREEB et al., 2018). Outra

espécie amplamente distribuída no Brasil é *Syzygium cumini* (Myrtaceae), popularmente conhecida por “azeitona roxa”, “jambolão”, “ameixa preta indiana ou ameixa de Java” entre outras, essa espécie tem compostos fenólicos e flavonoides, rico em óleo essenciais, com promissora atividade antimicrobiana, antibacteriana, anti-inflamatória etc (LUZIA; JORGE, 2009; CHHIKARA et al., 2018; VEBER et al., 2015). Sua propriedade nutricional e fitoterápica tem sido bastante explorada, porém poucos são os estudos sobre suas atividades biológicas. *Aniba rosaeodora* (Lauraceae), é uma espécie bastante explorada na indústria de perfumaria, distribuída no Brasil e reconhecida vulgarmente por “pau-rosa”, “jacarandá” e “bois de rose em francês”, entretanto é carente em estudos quanto a sua atividade biológica sobre insetos (CHANTRAINE et al., 2009). Seu principal composto químico é o linalol, apresentando também terpinoleno, que possui atividades antioxidantes, citotóxicas, antimicrobiana entre outras (TELES et al., 2020).

Vários componentes importantes de óleos essenciais têm sido utilizados comercialmente por apresentar atividade inseticida, muitas vezes, de forma sinérgica (TAK et al., 2015). Desse modo, o presente estudo objetiva determinar a toxicidade dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *A. rosaeodora* e *S. cumini*, além dos efeitos nos componentes nutricionais e parâmetros biológicos de *S. frugiperda*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)

2.1.1 Aspectos gerais

Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) conhecida popularmente por lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar, foi reconhecida pela primeira vez em 1797, na Geórgia (EUA) por J. E. Smith (CRUZ et al., 2013). Nas regiões tropicais, em especial no Brasil é uma das espécies mais nocivas para as culturas anuais, em função das condições favoráveis para seu desenvolvimento e podem ser encontradas em quase todas as regiões de cultivo (CRUZ et al., 2013; NAGOSHI et al., 2017; JIN et al., 2021).

Spodoptera frugiperda possui ampla distribuição, podendo ocorrer em até 353 espécies de plantas hospedeiras. Além disso, possui características ecológicas peculiares, como a alta capacidade para sobreviver em diferentes culturas ou regiões, aliada a alta fecundidade, curto tempo de geração, forte capacidade de migração, rápida taxa de distribuição, resistência a inseticidas sintéticos e ausência de diapausa (WAN et al., 2021). Uma vez que estas características são exaltadas como sinal de alerta para a agricultura (NAGOSHI et al., 2017). Quanto a biologia, possui metamorfose completa e passam por quatro estágios de vida, sendo ovo (2-3 dias), lagartas (13-14 dias, total de seis ínstars), pupas (7-8 dias) e adultos (7-21 dias), considerando assim desenvolvimento holometábolo (CRUZ, 1995; POGUE, 2002; YU-TAO, 2021; WAN et al., 2021).

Após os adultos (mariposas) realizarem o acasalamento, a fêmea realiza a postura de ovos em grupos de 50 a 300 ou até 1.000 ovos na planta hospedeira, geralmente no milho e comumente a noite, a eclosão das lagartas ocorre em 3 a 5 dias após a ovoposição, e nesta fase inicial as lagartas se alimentam da raspagem das folhas e com o aumento de tamanho começam a perfurar e se desenvolvem na região do cartucho no milho (CRUZ, 1995; 2002; CRESPO et al., 2021).

As lagartas ao atingirem seu máximo desenvolvimento apresentam corpo cilíndrico e coloração marrom-acinzentada no dorso, esverdeada nas partes ventral e na subventral com coloração marrom avermelhada. É caracterizado na região frontal da cabeça a sutura epicranial em formato semelhante ao “Y” invertido (CRUZ et al., 1999; CRUZ et al., 1997). Quando recém eclodidas, medem aproximadamente 1,9 mm de comprimento e se alimentam do cório e ao encontrar se alimentarem de

folhas causando perfurações e penetram no cartucho de plantas de milho através do colmo da planta (CRUZ et al., 1999; BUSATO et al., 2004; CRUZ, 1995). No último ínstar, lagartas, ao completarem seu ciclo, saem da planta hospedeira e localizam o lugar mais adequado no solo para pupação e constroem galerias e se transformam em pupas (SHI et al., 2020).

O período pupal dura em torno de 9 a 12 dias (KALLESHWARASWAMY et al., 2018). Estudos realizados para monitorar o comportamento e a ecologia de pupação em solo determinaram que a umidade do solo não influencia no processo de pupação (SHI et al., 2020).

Os adultos de *S. frugiperda* possuem cerca de 35 mm de envergadura e o comprimento do corpo é de cerca de 15 mm em ambos os sexos e de acordo com suas características morfológicas, possuem asas posteriores claras e circundadas por linhas marrons. Sendo possível diferenciar ambos os sexos de acordo com a coloração das asas, as fêmeas são bem mais claras que os machos. Nas fêmeas é possível observar na abertura anal um traço reto longitudinal, enquanto nos machos o traço reto longitudinal é seguido por curvas laterais circundantes (CRUZ, 1995; POGUE, 2002). Os adultos possuem alta capacidade reprodutiva, a postura de ovos pode variar entre 1000 e 2000, e completam seu ciclo de vida dentro de cerca de 30 dias (YU-TAO, 2021).

2.1.2 Fatores que influenciam a incidência da *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda apresenta enorme capacidade de distribuição geográfica, esse fator influencia o ataque em diversas culturas, bem como dispersão em ambientes diferentes. Além disso, as mariposas atingem mais de 100 km por noite, expressam alta capacidade reprodutiva quando são encontradas as condições ambientais ideais, preferências alimentares e hospedeiros disponíveis, podendo se desenvolverem em alta velocidade (TENDENG et al., 2019; WAN et al., 2021). Nesses últimos três anos essa praga invadiu 47 países africanos, 18 países asiáticos e atualmente a Austrália, onde tem ameaçado de forma significativa a produção agrícola (WAN et al., 2021).

Estudos têm observado que o fator abiótico (temperatura) tem interferência na propagação da *S. frugiperda*. Foram observados o desenvolvimento da lagarta-do-cartucho na China em diferentes estágios de crescimento sob diferentes condições

de temperatura, onde em temperatura amena as lagartas apresentaram baixa resistência e quando em temperaturas elevadas devido ao estresse hídrico que a planta pode sofrer, conseguem sobreviver melhor e se reproduzir de forma acelerada, podendo gerar diversas gerações em um curto período de tempo (ZHANG et al., 2021; YANG et al., 2021).

Também, outro fator que influencia na dispersão é o destino migratório da lagarta-do-cartucho que está relacionado com as condições meteorológica, ou seja, a direção do voo pode ser influenciada pela direção do vento (WESTBROOK, 2008; WESTBROOK et al., 2016).

2.1.3 Severidade e perdas ocasionadas

A lagarta-do-cartucho pode atacar e se desenvolver em até 353 espécies de diferentes plantas registradas de 76 famílias, incluindo Poaceae (106 espécies), Asteraceae e Fabaceae (31 espécies cada) (WAN et al., 2021). Entretanto se alimentam preferencialmente das culturas do milho, arroz, sorgo, algodão, gramíneas de pastagem e cana-de-açúcar, trazendo assim sérios danos (MONTEZANO et al., 2018; DUMAS et al., 2015). E esta preferência alimentar é caracterizada de acordo com a cepa da *S. frugiperda* (cepa do tipo C e cepa do tipo R) onde são idênticas morfológicamente e se diferenciam por hospedeiros (GROOT et al., 2010). A cepa do tipo C se alimenta predominantemente de milho, algodão e sorgo enquanto a cepa do tipo R se alimenta principalmente em arroz e pastagens (DUMAS et al., 2015; HE et al., 2021).

É importante enfatizar o levantamento abrangente das plantas hospedeiras para melhor entender e conhecer a ecologia e conduzir para estratégias mais eficientes de manejo (MONTEZANO et al., 2018). Estudos apontam que a preferência da *S. frugiperda* por outros hospedeiros pode aumentar, fato esse observado em ocorrência recente em lavouras de cebola em consórcio com amendoim na África durante as safras de 2019 e 2020, e constataram que a maior incidência média (2,88%) e densidade larval (0,79 por 9 m²) foram observadas na cebola, já nas folhas tiveram baixa infestação *S. frugiperda* (COKOLA et al., 2021).

A presença da praga em campo é identificada pela quantidade expressiva de vezes no local (OLIVEIRA et al., 2007). Na principal cultura hospedeira da praga, o milho, possuem com nicho preferencial o cartucho e podem atacar a nível foliar,

além de todo o desenvolvimento da cultura, até mesmo impedir a produção de espigas (BARROS et al., 2010; FERNANDES et al., 2003). Foi estimado que as perdas na produção de milho podem ser em torno de 30% a 70%, além disso, pode comprometer todo o rendimento da cultura, isto representa para a segurança alimentar uma grande ameaça (DAY et al., 2017). Em outras culturas como o algodão e a soja, possui preferência pelas maçãs em formação e na fase inicial das folhas e vagens, respectivamente (BARROS et al., 2010).

2.2 Controle da *Spodoptera frugiperda*

2.2.1 Inseticidas sintéticos

Os inseticidas sintéticos são o método de controle mais antigo e empregado no mundo e apesar de desempenhar um papel de grande importância para o manejo da *S. frugiperda*, tem sido observado o desenvolvimento de populações de insetos resistentes às classes de inseticidas mais utilizadas e disponíveis no mercado, logo alguns fatores como a aplicação de forma inadequada, o uso contínuo e a alta fecundidade do inseto tem sido fatores primordiais para níveis de resistência (FIGUEIREDO et al., 2019; ZHAO et al., 2020).

Os inseticidas sintéticos são substâncias químicas bastante utilizadas para o controle de pragas agrícolas e são caracterizadas por possuir ação toxicológica capaz de induzir o estresse oxidativo, estresse do retículo endoplasmático (RE) e disfunção mitocondrial em organismos vivos (LEE; CHOI, 2020).

Dentre uma diversidade de inseticidas sintéticos registrados para o manejo da *S. frugiperda*, foram relatados como eficazes para controle no estágio inicial, o benzoato de emamectina (avermectina) (AHISSOU et al., 2021) e Ampligo® 150 ZC, composto por uma formulação binária com 100 g i.a./L de clorraniliprole (diamida) e 50 g i.a./L de lambda-cialotrina (piretroide) (OSAE et al., 2022). Em contrapartida, a *S. frugiperda* tem uma gama de culturas hospedeiras, tornando-se resistente rapidamente. No Brasil 264 produtos químicos foram registrados para cultura do milho (BRASIL, 2023). De acordo com a Arthropod Pesticide Resistance Database, possuem em torno de 144 registros de resistência de *S. frugiperda* a inseticidas (APRD, 2021). No Brasil, os casos de resistências foram provados para grupos de diferentes inseticidas, como piretróides, organofosforados, inibidores de biossíntese de quitina, espinosinas, carbamatos e diamidas (DIEZ-RODRIGUEZ; OMOTO, 2001; CARVALHO et al., 2013; OKUMA et al., 2018; BOLZAN et al., 2019; LIRA et al.,

2020). Enquanto isso, o controle de *S. frugiperda* é feito preferencialmente pelo uso de inseticidas químicos da classe dos organofosforados, carbamatos, piretroides, espinosinas entre outros. Os organofosforados, atuam no sistema nervoso central do inseto, inibindo as enzimas colinesterases podendo ocasionar morte de imediato, além disso, atuam por contato e ingestão. Enquanto que os carbamatos, embora por mecanismo diferente dos organofosforados, são inibidores das enzimas colinesterases (EDDLESTON et al., 2008). Os piretroides possuem ação rápida atuando na interferência da transmissão de impulsos nervosos. Além disso, possui efeito repelente, sobre os insetos. E por último, os piretroides são de ação rápida, responsável por causar paralisia de imediato e conseqüentemente mortalidade, efeito chamado de knock down (SANTOS et al., 2007). Além disso, são divididos em dois compostos, tipos I e II, o tipo I tem ausência de um substituinte alfa-ciano, enquanto o composto tipo II, apresenta substituinte alfa-cianofenoxibenzil (OSTI et al., 2007).

Os efeitos do uso de inseticidas sintéticos na saúde humana acarretam sérias questões, pois, podem desenvolver problemas causados devido à exposição de forma direta ou indireta. Direta relacionado ao manuseio de inseticidas, e quando dá forma indireta relacionado aos resíduos presentes nos mantimentos, e esses efeitos podem ocasionar uma série de problemas para humanos como por exemplo, podem estar relacionados ao câncer, *diabetes mellitus*, distúrbios respiratórios, distúrbios neurológicos, síndromes reprodutivas (sexuais/genitais) e estresse oxidativo (RANI et al., 2021). Embora os inseticidas sintéticos sejam o principal método de controle para causar mortalidade em insetos, para o meio ambiente é um assunto em bastante discussão e tem gerado polêmicas. Em estudos recentes é destacado que os inseticidas por sua vez são capazes de atingir longas distâncias, devido ao efeito de deriva que apresentam, podem contaminar o ecossistema ao serem transportados em média a longas distâncias pela atmosfera (RIZZI et al., 2019).

2.2.2 Manejo alternativo ao químico

Nos últimos anos, pesquisas têm mostrado que o uso recorrente de inseticidas sintéticos ocasiona resistência em populações de *S. frugiperda* (APRD, 2021; LEE; CHOI, 2020; RANI et al., 2021). Logo, são necessários estudos que comprovem práticas eficazes para o controle de populações deste inseto praga (CRESPO et al., 2021).

O milho Bt (*Bacillus thuringiensis*), é uma opção utilizada para o controle de *S. frugiperda* e apresenta eficiência como controle alternativo. A eficácia do milho Bt para o controle desta praga na África do Sul foi testada, onde fornece os primeiros dados sobre eficácia, neste foi avaliado níveis de suscetibilidade de *S. frugiperda* em nove populações no período entre janeiro de 2018 e maio de 2018, incluindo uma população de referência criada em laboratório, comprovando resistência do milho Bt que expressa proteínas Cry1F em Porto Rico, Brasil e Estados Unidos, e ao milho Cry1Ab Bt no Brasil (BOTHÁ et al., 2019). No Brasil, proteínas Bt são consideradas efetivas no controle de lagartas alvo da cultura do milho. Em híbridos de milho as proteínas Cry1F, Cry1Ab, e Cry1Ac, foram eficazes no controle da *S. frugiperda* (WAQUIL et al., 2002). Porém já foi comprovado que populações de *S. frugiperda* tem apresentado resistências com o uso de toxinas da bactéria *B. thuringiensis* (Bt) comprometendo falhas no uso da tecnologia (MONNERAT et al., 2015; GOERGEN et al., 2016; GÓMEZ et al., 2020).

Outro método incluído no Manejo Integrado de Pragas (MIP) é o uso de armadilhas com feromônio sexual sintético e além de outras armadilhas disponíveis no mercado, apesar de eficiente em alguns casos, apresentam desvantagens como por exemplo a captura do inseto na fase adulta após causar diversas injúrias nas plantas (CRESPO et al., 2021).

Assim é necessário adotar métodos que possam ser utilizados no Manejo Integrado de Pragas objetivando o desenvolvimento de uma agricultura sustentável (GUEDES et al., 2016; CRESPO et al., 2021). A integração de técnicas de controle que estão dentro do MIP são considerados como métodos relevantes, pois apresentam ação e espectros mais específicos, além disso podem ser seletivos a um único grupo de organismos (FERREIRA et al., 2017).

Dentre as várias técnicas de controle utilizado no mundo, já existe grande número de métodos com eficiência comprovada para o controle da lagarta-do-cartucho, nesses últimos anos estão sendo bastante pesquisados produtos que sejam biodefensivos à base de óleos essenciais e extratos vegetais, uso de nematoide entomopatogênicos (Nep's), Vírus (Baculovirus), Fungos, predadores e parasitoides entre outros (JARA et al., 2019; CRESPO et al., 2021). Os produtos de origem natural sejam os óleos essenciais (OEs) ou os extratos aquosos são produtos de plantas e servem para controlar diversas pragas e tem se mostrado

eficiente, sendo assim uma opção a uso de inseticidas sintéticos (ISMAN; GRIENEISEN, 2014; ISMAN, 2006; SANTOS et al., 2018; TOLEDO et al., 2019).

2.3 Inseticidas Botânicos

2.3.1 Aspectos gerais

O Brasil possui uma flora rica e diversificada com aptidão a novas descobertas de inseticidas botânicos (KRINSKI et al., 2014). Na flora brasileira as espécies cultivadas e naturalizadas incluem um total de 49.280 espécies reconhecidas, assim, a flora apresenta um grande potencial inseticida (JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO, 2020; FAZOLIN et al., 2002).

Os inseticidas botânicos podem ser extraídos de plantas que apresentam substâncias do metabolismo secundários, e resultam em função de defesa contra insetos e herbívoros e podem ser encontradas em diversas partes das plantas como folha, fruto, caule ou raiz (VIGLIANCO et al., 2008; TAVARES; VENDRAMIM, 2005). As formas de obtenção dos óleos essenciais podem ser por hidrodestilação, destilação a vapor, destilação a seco ou prensagem a frio, ou através da extração, como por exemplo com uso do extrato etanólico, aquoso e hexânico (FRANZ; NOVAK, 2009; BIZZO et al., 2009).

Os principais constituintes químicos dos óleos essenciais são principalmente terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos) e fenilpropanoides (KUMAR et al., 2012; JIANG et al., 2012). Os monoterpenos e seus análogos são os principais que ocorrem em maior abundância (REGNAULT-ROGER et al., 2012). Os principais monoterpenos (alfa-pineno, beta-pineno, 3-careno, limoneno, mirceno, alfa-terpineno, geraniol, linalool e cineol), já os sesquiterpenos mais comuns encontrados (farnesol, neurolidol, bisaboleno e outros) e os fenilpropanoides destacam-se (safrol, eugenol e E-cinnamaldeído) (HARBORNE, 1993, SIMAS et al., 2004; SIMÕES et al., 2003).

Os óleos essenciais são caracterizados por substâncias líquidas, voláteis e principalmente por aroma forte (REGNAULT-ROGER et al., 2012; GUEDES; CRUZ, 2018). Os constituintes dos óleos essenciais podem ser encontrados em algumas famílias tais como: Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Lamiaceae, Laureaceae, Myrtaceae, Piperaceae, Poaceae, Rutaceae e Zingiberaceae (KNAAK; FIUZA, 2010).

O modo de atuação dos óleos essenciais se dá por ingestão, inalação, absorção pela cutícula e disfunções bioquímicas (efeitos neurotóxicos ou inibidores de crescimento) (LEE et al., 2004; LÓPEZ; PASCUAL-VILLALOBOS, 2010). Podem controlar diferentes pragas, desde lagartas (Lepidoptera: Noctuidae), escarabeídeos (Coleoptera: Scarabaeidae), ácaros, como o *Tetranychus urticae* (Tetranychidae), tripses (Thysanoptera: Thripidae), pulgões (Hemiptera: Aphididae) e percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) (KATHRINA; ANTONIO, 2004).

2.3.2 Vantagens do uso de óleos essenciais (OEs)

Na literatura há vários trabalhos que comprovam as vantagens e utilidades dos óleos essenciais, tanto para indústria para diferentes fins, como no empregado de biodefensivos para o controle de diversas pragas, inclusive *S. frugiperda*. Logo, são produtos de baixa persistência devido à alta volatilidade e rápida degradação. Além disso, causam menos efeitos nocivos ao meio ambiente e a saúde humana, como também não contaminam com resíduos tóxicos; o que os ressalta como boas alternativas ao uso dos produtos sintéticos (ISMAN; GRIENEISEN, 2014; CORREIA; VIEIRA, 2007; THORMAR, 2012).

Os OEs possuem também ação rápida, embora não aconteça a mortalidade imediata dos insetos, outros efeitos podem ser relevantes para sua utilização como a deterrência alimentar, assim é importante considerar que geralmente a ação no inseto ocorre de forma mais lenta do que os inseticidas sintéticos, além disso, apresentam fácil disponibilidade, uma vez que o material vegetal pode ser adquirido no ecossistema ou fabricado nele (BUSS; PARK-BROWN, 2002; KATHRINA; ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004). Os OEs podem ser seletivos a determinado grupo de insetos, como exemplo a seletividade ao predador *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae), quando materiais botânicos foram usados no controle de *S. frugiperda*, esses atingiram mais lentamente *P. nigrispinus* do que o inseticida sintético (deltametrina), ao contrário para a *S. frugiperda* os compostos agiram de forma mais rápida que os inseticidas sintéticos (LIMA et al., 2020).

Os OEs podem causar nos insetos redução no crescimento populacional e emergência de adultos, repelência, além de retardar ou impedir a alimentação e mortalidade basicamente em todas as fases da vida (OOTANI et al., 2013). Afeta também a fertilidade, biologia e os parâmetros reprodutivos, a espermatogênese, possui toxicidade e causa alterações nos parâmetros nutricionais (CRUZ et al.,

2015; CRUZ et al., 2016). Quando avaliada a eficiência dos óleos essenciais de *Corymbia citriodora* (Myrtaceae) e *Lippia microphylla* (Verbenaceae) no controle de *S. frugiperda*, estes apresentaram taxas de mortalidades acima de 80% com menos de 20 µL desses óleos essenciais via aplicação tópica e volátil (NEGRINI et al., 2019). Óleos essenciais de alecrim pimenta (*Lippia organoides*; Verbenaceae), citronela (*Cymbopogon winterianus*; Poaceae) e capim-limão (*Cymbopogon citratus*; Poaceae) foram avaliados no controle da *S. frugiperda*, apresentando atividade ovicida, inseticida e pupicida nas fases de ovo, lagarta de 3º ínstar e de pupa, respectivamente, com destaque para o OE de *L. organoides* que apresentou rápida ação e altas taxas de mortalidade, porém o óleo de citronela ocasionou mudanças comportamentais (fuga e agressividade) nas lagartas (SOMBRA et al., 2020). Além dos efeitos de toxicidade, os óleos essenciais podem afetar negativamente os parâmetros nutricionais de *S. frugiperda*, sendo observado diminuição nas quantidades de proteínas, lipídios, carboidratos e glicogênio quando utilizado por exemplo, o óleo essencial de plantas do gênero *Piper* spp (DUTRA et al., 2020).

2.3.3 *Alpinia zerumbet*

Alpinia zerumbet (Pers.) B.L.Burtt & R.M.Sm pertencente à família botânica Zingiberaceae, é uma planta aromática, conhecida vulgarmente por jardineira, gengibre-concha, colônia, falso-cardamomo, helicôndia e alpínia (FLORES; FOLHAS, 2008). Possuem origem Asiática (China e Japão), no mundo se desenvolvem principalmente nas regiões tropicais e subtropicais (FLORES; FOLHAS, 2008; JI et al., 2019). *Alpinia zerumbet* são consideradas atrativas por possuírem belas flores, usadas principalmente para fins ornamentais, possui valor econômico agregado na fabricação de perfumes devido ao aroma presentes nas folhas e valores farmacêuticos (JI et al., 2019; ZAHRA et al., 2019).

A família zingiberaceae têm mais de 1.200 espécies e 53 gêneros nativos das regiões tropicais, principalmente no sul e sudeste da Ásia, África tropical, América do Sul e América Central, além das Ilhas do Pacífico e Austrália (CRONQUIST, 1981; TOMLINSON, 1969; KRESS et al., 2005). O gênero *Alpinia* é considerado um dos maiores gêneros descritos com mais de 200 espécies (CRONQUIST, 1981).

Alpinia zerumbet é uma planta aromática, herbácea, rizomatosa, robusta, perene, podendo atingir até três metros de altura, os colmos são agrupados em touceiras; as folhas são longas e largas, do tipo pontudas e as margens ciliadas, de

até 70 cm de comprimento 15 cm de largura, possuem coloração verde-clara; as flores são aromáticas, com coloração róseas e amareladas, com mancha central vermelha e se agrupam em forma de cachos (LORENZI; SOUZA, 2001; MATOS, 1997; LORENZI; MATOS, 2008). O fruto é em forma de cápsula globosa, possui dois centímetros de diâmetro, nele estão as sementes. Através da divisão de rizomas se dá a propagação da *Alpinia* (FLORES; FOLHAS, 2008).

Estudos da atividade fitoquímica comprovam que a planta de *A. zerumbet*, principalmente em folhas e rizomas, estão presentes compostos secundários importante como: fenilpropanóides, flavonóides, terpenóides, ácidos fenólicos, pironas de kava e esteróis (CHAN et al., 2017; NISHIDONO et al., 2020; GHAREEB et al., 2018). Além disso é rica em atividades farmacológicas, antigamente na medicina popular as espécies eram bastante utilizadas na infusão de chás para tratar de doenças, apresentam ação antioxidante, antibacteriana e anti-inflamatórias (YAN et al., 2014; GHAREEB et al., 2018). Como também propriedades diuréticas, estomacal, carminativo, anti-hipertensivo e sedativo (DA CRUZ et al., 2020; GHAREEB et al., 2018). E ação repelente contra insetos (MURAKAMI et al., 2009).

A atividade inseticida do gênero de *Alpinia* foi investigada visando o controle de pragas. Dessa maneira, os óleos essenciais de *Alpinia blepharocalyx* K. Schum, *Alpinia kwangsiensis* T. L. Wu e *Alpinia galanga* (L.) Willd apresentaram resultados promissores de toxicidade, fumigação e de contato no controle de *Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae) (WU et al., 2014; WANG et al., 2015). Também sobre *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae), o óleo essencial de *Alpinia officinarum* Hance apresentou efeito de toxicidade por contato (XIN et al., 2017). Em *Callosobruchus maculatus* o uso do óleo essencial de *A. zerumbet* e *Cymbopogon flexuosus*, testados por contato, fumigação e repelência para o manejo de grãos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], mostraram que, o óleo de *C. flexuosus* foi mais tóxico que *A. zerumbet* por contato; para fumigação ambos os óleos foram considerados tóxicos e neutros para o teste de repelência (BARBOSA et al., 2021).

2.3.4 *Syzygium cumini*

Syzygium cumini (L) Skeels, pertence à família das Myrtaceae, popularmente são conhecidas por nomes de azeitona roxa, murta, jambu, jamelão, jambolão e por ameixa preta indiana ou ameixa de Java (MATOS, 2007; VEIGAS et al., 2007). São

conhecidas por denominações científicas de *Syzygium cumini*, *Syzygium jambolana* Lam, *Eugenia jambolana* Lam, *Eugenia cumini*, *Myrtus cumini* Linn e *Eugenia djouant* Perr (SRIVASTAVA; CHANDRA, 2013). As espécies de *S. cumini* são de origem principalmente Indiana e Asiática, e naturalizadas no Brasil (VEIGAS et al., 2007; CARTAXO-FURTADO et al., 2015). Podem ser encontradas principalmente nos estados das regiões Sudeste, Nordeste e Norte do Brasil (LUZIA; JORGE, 2009).

Botanicamente apresenta grande porte, podendo atingir altura de 12,0 a 30,0 m e podem atingir tamanho máximo em até 40 anos de acordo com seu ambiente, os troncos das plantas podem atingir diâmetro de 60,0 cm e suas folhas são perenes e perfumadas, com 5,0 cm a 25,0 cm de comprimento e 2,5 a 10,0 cm de largura (MORTON, 1987). Além disso, podem sobreviver por mais de 100 anos de idade (STEPHEN, 2012). O fruto é pequeno e apresentam forma ovóide, coloração roxa-escura quando maduro completamente, esta coloração se deve ao elevado teor de pigmentos antociânicos (LUZIA; JORGE, 2009; BOBBIO; SCAMPARINI, 1982).

Farmacologicamente, folhas, cascas, frutos e sementes da espécie de *S. cumini* são importantes, apresentam ação antimicrobianas, são agentes antibacterianos, anti-inflamatórios, antidiarreicas, anticonvulsivantes, bactericidas, antieméticos, apresenta atividade antibiótica etc, assim, são utilizadas em formulações fitoterápicas (VEIGAS et al., 2007; CHHIKARA et al., 2018; MIGLIATO et al., 2006). O extrato metanólico bruto de *S. cumini* também apresentou atividade anti-inflamatória in vitro e in vivo mais evidente em comparação a outros extratos (QAMAR et al., 2021). Apresentou também, atividade de alguns dos seus componentes contra inflamações, infecções bacterianas, diabetes e obesidade (ARTANTI et al., 2019; XU et al., 2019). Há carência de relatos na literatura quanto a atividade inseticida de *S. cumini*, no entanto compreende-se que essa espécie precisa ser testada em virtude das atividades comprovadas e seus compostos importantes, logo, nos frutos e folhas estão presentes os óleos essenciais. Nas folhas contém compostos, flavonoides, terpenoides, fenólicos, sitosterol, ácido betulínico, ácido cratególico, quercetina, miricetina, metilgalato etc (GUPTA; SHARMA, 1974; MAHMOUD et al., 2001).

Para a indústria, a madeira possui valor agregado (CARVALHO, 2013). Já o fruto desperta interesse culinário e é agradável ao paladar, apresenta pigmentos

antociânicos, este composto é responsável pelos efeitos nutricionais e terapêuticos (ação antioxidante) e o pó da semente apresenta ação antibacteriana, antifúngico, antidiarreico e ação hipoglicemiante (BOBBIO; SCAMPARINI, 1982; CHANDRASEKARAN; VENKATESALU, 2004; PEPATO et al., 2005).

2.3.5 *Aniba rosaeodora*

Aniba rosaeodora Ducke pertence à família botânica Lauraceae, é nativa da Amazônia, são identificadas por emitir uma fragrância agradável pela madeira recém cortada, originado aos nomes comuns de jacarandá, bois de rose em francês e pau-rosa no Brasil (QUINET et al., 2014; CHANTRAINE et al., 2009). Além disso, a espécie *A. rosaeodora* possui valor econômico agregado por ser fonte de óleo essenciais (HANDA et al., 2005); é distribuída geograficamente no Brasil, Guiana Francesa, Guiana, Venezuela, Colômbia, Suriname e Equador. No Brasil está presente nos estados do Amapá, Pará e Amazonas (COSTA et al., 2013; OHASHI; ROSA, 2004)

O gênero *Aniba* composto por 41 espécies neotropicais distribuídas na América central e América do sul, e no território brasileiro estão distribuídas 27 destas espécies (MABBERLEY, 1990). Logo, se destaca por ser fonte de óleos voláteis, obtido principalmente da espécie *A. rosaeodora*, que apresenta como constituintes o linalol, além de outros compostos terpênicos e álcoois, esses constituintes são bastante almejados pelas indústrias farmacêuticas e de perfumarias (RIZZINI; MORS, 1995; MARQUES, 2001; FIDELIS et al., 2013).

É descrito botanicamente por árvores de alto porte, na fase adulta podem atingir até 30 metros de altura, com coloração da casca marrom-amarelada e toda a extensão da árvore são consideradas aromatizantes (MAIA et al., 2007). As folhas são coriáceas ou rígido-cartáceas, apresentam 6-25cm de comprimento e 2,5-10cm de largura, são do tipo simples com margens recurvadas ou planas, a face superior apresenta coloração verde escura e inferior pilosa e amarelo pálida. Já as flores apresentam coloração amarelo ferruginosa, são hermafroditas de tamanho reduzido. E os frutos apresentam de 2-3 cm de comprimento e 1,5-2 cm de diâmetro, de coloração violáceo-escura, é um exocarpo fino, com polpa carnosa de coloração amarelo-esverdeada, tem uma semente ovóide com espessura de 2,6 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro (OHASHI; ROSA, 2004).

A *A. rosaeodora* é uma espécie valiosa, pois pode originar diferentes subprodutos da madeira; folhas e raízes são usadas principalmente para obtenção de óleo de pau-rosa, gerando um grande atrativo para as indústrias de perfumarias, cosméticos e derivados devido ao poder aromatizante da espécie, já na Amazônia, há evidências da espécie utilizada na medicina popular para tratar de diversas doenças (MAIA; ANDRADE 2009; MAY; BARATA, 2004).

O óleo essencial é caracterizado por um líquido incolor, amarelo pálido com fragrância floral amadeirada, e contém álcool monoterpênico (MAIA; ANDRADE 2009). Estudos constataram evidências quanto a aplicabilidade do óleo essencial de pau-rosa. Bem como, suas propriedades antibacterianas e antifúngicas (PATTNAIK et al., 1997; HERMAN et al., 2016), antioxidantes (SEOL et al., 2016; TELES et al., 2020), antiprotozoárias (BERO et al., 2014), atividade citotóxica e antimicrobiana (TELES et al., 2020). Além disso, o óleo essencial de *A. rosaeodora* frente a larvas de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae), foi classificado como não tóxico, porém apresentou atividade larvicida e atividade antioxidante importante para o controle (FERREIRA et al., 2020).

2.4 Efeito de inseticidas botânicos na nutrição

Os inseticidas botânicos ou sintéticos provocam alterações no metabolismo dos insetos, e são responsáveis por prejudicar a fisiologia, a aquisição ou metabolização de nutrientes, bem como alterar os níveis de proteínas, lipídeos e carboidratos (CRUZ et al., 2017).

Dessa maneira, a investigação dos óleos essenciais é fundamental a fim de explicar como afetam a nutrição de insetos. Diante disso, a absorção reduzida de nutrientes ocasiona efeitos em insetos adultos, uma vez da sua importância no estágio juvenil (SANTOS et al., 2021; ALVES et al., 2013; CRUZ et al., 2017). Dentre os efeitos nutricionais, descam-se a redução de peso, interferência nos íntares, além da reprodução, desenvolvimento dos oócitos e infertilidade de adultos (CRUZ et al., 2016; PACKIAM et al., 2014, MILANO et al., 2010). A redução de peso é um fator importante em decorrência do deficit nutricional. Logo extratos de sementes de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) e *Catharanthus roseus* L. (Apocynaceae) provocaram redução de peso de pupas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera:

Plutellidae) e *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), respectivamente (SATYAN et al., 2009; ABBASIPOUR et al., 2010).

O óleo de *Piper hispidinervum* (Piperaceae) nas concentrações 30 e 50 mg/mL, promoveram redução nutricional de proteínas, lipídeos, e carboidratos neutros nas gônadas, além de afetar na reprodução após aplicação nas lagartas de 3º ínstar (*S. frugiperda*) (ALVES et al., 2013). Também, Silva et al. (2016) analisou o óleo de *Cymbopogon winterianus* (Poaceae) o qual provocou efeitos negativos na nutrição e redução no potencial reprodutivo de *S. frugiperda*. Limoneno e trans-anetol promoveram redução nos parâmetros nutricionais (lipídios, proteínas, açúcares totais e glicogênio) e em todos os parâmetros reprodutivos (ovos, oviposição período e longevidade adulta) de *S. frugiperda* (CRUZ et al., 2017). Desse modo, uma vez que o processo produtivo está direcionado na aquisição de nutrientes na fase imatura, dessa forma, os inseticidas botânicos ocasionam interferência nos parâmetros biológicos e nutricionais (MILANO et al., 2010; YAZDANI et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório Multidisciplinar do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) CampusCodó, sob temperatura de $28,0 \pm 2,0$ °C, umidade relativa de $60,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 12h. As extrações dos óleos essenciais foram realizadas na mesma instituição, porém as análises cromatográficas e identificação química dos óleos essenciais foram realizadas no Laboratório de Cromatografia, Departamento de Química, da Universidade Federal de São Carlos. Para extração dos óleos essenciais houve acesso ao patrimônio genético brasileiro, desse modo, o estudo foi cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado – SisGen – um sistema eletrônico criado pelo Decreto nº 8.772, de 11 de maio de 2016, que regulamenta a Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015, como um instrumento para auxiliar o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético – CGen – na gestão do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado.

3.1 Criação de *S. frugiperda*

As lagartas foram obtidas de uma criação pré-existente no laboratório de Entomologia do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias CCA/UFPI e posteriormente conduzidas ao laboratório Multidisciplinar do IFMA Campus Codó para aclimatação e multiplicação. As lagartas foram alimentadas com dieta artificial ajustada seguindo o padrão de Kasten et al. (1978). A fim de manter a qualidade da dieta, esta foi mantida sobre refrigeração de 25 °C e 30 °C. Já na fase adulta, as mariposas foram alimentadas na solução de mel a 10%. A criação de *S. frugiperda* foi mantida sob temperatura de $28,0 \pm 2,0$ °C, umidade relativa de $60,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 12h.

3.2 Identificação do material botânico

As espécies vegetais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* foram coletadas na zona rural de Codó do Maranhão. A identificação foi realizada com o auxílio de literatura especializada. As espécies organizadas seguindo à proposta do Angiosperm Phylogeny Group - APGIV (2016), além disso, seu status de nativa ou exótica, seguiu o site da Flora do Brasil (2020).

3.3 Extração dos óleos essenciais e preparo da matéria prima

A matéria prima utilizada foi coletada na zona rural de Codó nas coordenadas 4°27'18" S e 43°52'44" O, Estado do Maranhão, Brasil. Os óleos essenciais foram obtidos a partir das folhas frescas das espécies vegetais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*, isoladamente, por meio de hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger modificado e condensador. As folhas foram coletadas e trituradas em pedaços. Foram feitas duas repetições da massa do material vegetal correspondente de cada espécie, sendo de 667 g e 363 g para *A. zerumbet*, 923 g e 975 g para *S. cumini* e 500 g e 650 g para *A. rosaeodora*. Posteriormente as folhas foram adicionadas em um balão volumétrico de 6 L e condicionadas com 3 L de água e assim, realizou-se a extração por 2 horas para cada espécie vegetal. Para remoção da umidade residual do óleo utilizou-se como secante o sulfato de sódio, previamente aquecido a 105 °C durante 1h, e a massa de sulfato utilizada foi 200mg. Agitou-se o tubo de ensaio que continha o óleo durante 30 minutos e separou-se manualmente a fase sólida da fase líquida de cada óleo. O rendimento das espécies foi obtido através de uma média aritmética do rendimento das duas repetições.

3.4 Análise cromatográfica e espectrometria de massas

Os óleos essenciais foram analisados em um Cromatógrafo a gás (CG) modelo Shimadzu QP2010 Plus (Modo Scan – varredura 40 a 650 u.m.a) onde foi injetado 1 µL do padrão. Utilizado uma coluna capilar Rxi-5ms (10 m x 0,10 mm x 0,10 µm). O injetor operou em modo splitless com temperatura constante de 250 °C. O forno foi programado para uma temperatura inicial de 40 °C durante 1 minuto, de 40 a 320 °C variando 35 °C/min e mantendo a temperatura em 320 °C durante 1 minuto. O gás de arraste utilizado foi hélio cujo fluxo constante de análise foi de 0,45 mL/min. O detector de massas operou nas seguintes condições: energia de ionização: 70 eV, temperatura de interface igual a 250 °C e temperatura da fonte de íons em 200 °C. Os dados quantitativos foram obtidos das percentagens das áreas dos picos em seus cromatogramas fazendo uso do método de normalização de área.

3.5 Identificação química dos óleos essenciais

Os componentes dos óleos essenciais foram identificados através do Índice de Retenção Linear (IRL), por meio da obtenção dos seus tempos de retenção juntamente com os tempos de retenção da mistura do padrão de alcanos (Sigma-Aldrich C7 – C50). Para isso foi injetado 1 µL do padrão em sistema de Cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas CG-EM operando nas mesmas condições descritas para o CG. O índice de retenção linear foi obtido automaticamente pelo software do aparelho GCMSolution, através da equação de Van den dool e Kratz (VAN DEN DOOL; KRATZ, 1963). Os valores de índices de retenção linear obtidos e ainda a comparação individual dos espectros de massa descritos na literatura auxiliaram na identificação e caracterização dos componentes dos óleos essenciais.

3.6 Teste por contato tópico

O experimento foi realizado em triplicata, utilizando lagartas de 10 dias de idade com peso médio de 60,6 mg (terceiro ínstar). Os óleos foram diluídos em dimetilsulfóxido (DMSO), obtendo-se as doses de 165; 82,5; 41,2; 20,6; 5,2 e 2,6 mg/g de inseto para *A. zerumbet*; 330,03; 165,02; 82,51; 41,25; 20,63 e 5,2 mg/g de inseto para *S. cumini*; e 330,03; 165,02; 82,51; 41,25; 10,31 e 5,2 mg/g de inseto para *A. rosaeodora*. As doses utilizadas foram determinadas a partir de testes preliminares em que se buscou doses que promovessem mortalidade de 5% e 95%

das lagartas e depois testando doses intermediárias. As lagartas tratadas foram individualizadas em tubos de vidro de fundo plano e para cada tratamento foi utilizado alíquota de 10 μL de cada dose na região protorácica da lagarta, com auxílio de um pipetador automático. Foram utilizadas 10 lagartas por dose. Após 48h da montagem dos bioensaios, foi contabilizada a mortalidade das lagartas. O controle foi realizado nas mesmas condições utilizando-se apenas DMSO.

3.7 Quantificação de proteínas solúveis totais em *S. frugiperda*

Para determinação das proteínas solúveis foi utilizado o método de Bradford (1976). Foram utilizadas lagartas de terceiro ínstar (10 dias), sendo cada amostra composta de quatro lagartas, e para cada tratamento foram obtidas 10 amostras, totalizando 40 lagartas/tratamento. As lagartas foram submetidas às (DL_{20}) dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* nas doses de 1,52; 10,95 e 26,25 mg/g de inseto respectivamente, através do contato tópico. Em seguida, foram individualizadas em tubos de vidro de fundo chato e processadas 48 h após a instalação do experimento. Estas foram imobilizadas à temperatura de 4 °C e, posteriormente maceradas em tampão fosfato de sódio (pH 7,4 e 0,1 M) na proporção de quatro lagartas/5 mL do tampão. Foram retiradas com micropipetador automático, 3,0 mL da mistura (lagartas+tampão) e armazenadas em um microtúbulo devidamente etiquetado. O procedimento foi efetuado em baixa temperatura para evitar a oxidação da amostra. Essas foram centrifugadas por 3 min a 3.000 rpm. Após a centrifugação foram retirados 50 μL de cada amostra para cada repetição, sendo estes colocados em tubos de vidro de centrifugação, então adicionando-se o corante Bradford (0,01% de Comissie Blue G-250; 8,5% de ácido fosfórico e 4,7% de etanol) acrescentando o volume até 1 mL. Os tubos foram então agitados em um vortex e em seguida ficaram em repouso por 2 min (tempo necessário para as amostras interagirem com o corante). Em seguida foi feita a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 595 nm. A unidade utilizada foi micrograma/mL.

3.8 Análises de lipídio, açúcar total e glicogênio

Lagartas de terceiro instar (10 dias) foram maceradas em tampão fosfato de sódio (pH 7,4 e 0,1M) em uma proporção de 4 lagartas/5 mL do tampão. Cada amostra tem quatro lagartas e para cada tratamento foram obtidas 10 amostras, totalizando 40 lagartas/tratamentos. O conteúdo do lipídio foi avaliado utilizando o

método de Van Handel (1985). Onde 800µL do homogeneizado foi acrescido de 800µL de sulfato de sódio mais 800 µL de metanol e clorofórmio (1:1), após foi centrifugado a 2000 rpm durante 2 min. O precipitado foi usado para a análise de glicogênio, e o sobrenadante foi transferido para um tubo de ensaio onde foram separados o lipídio e o açúcar. O lipídio foi analisado espectrofotometricamente usando o método de ácido fosfórico-vanilina, enquanto o açúcar total e o glicogênio foram usados o método de ácido sulfúrico-antrona. A absorbância foi lida a 625nm.

3.9 Efeito dos óleos essenciais na longevidade de *S. frugiperda*

Lagartas de terceiro ínstar (10 dias) foram submetidas à (DL₂₀) dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*, sendo 1,52; 10,95 e 26,25 mg/g de inseto, respectivamente, onde foram aplicadas através do contato tópico em 50 lagartas/tratamento. Em seguida foram individualizadas em tubos de vidro de fundo chato, alimentadas diariamente com dieta artificial até a formação de pupas. Essas foram sexadas e após a emergência dos adultos, foram formados casais, sendo dois por gaiola. As gaiolas são constituídas por canos de PVC com dimensões de 10 cm x 15 cm (diâmetro e altura) revestidas internamente com papel contínuo, como substrato para oviposição. As mariposas foram alimentadas com solução de mel a 10%, sendo observada diariamente a sobrevivência dos adultos.

3.10 Efeito dos óleos essenciais nos parâmetros biológicos da *S. frugiperda*

Lagartas de terceiro ínstar (10 dias) foram submetidas à (DL₂₀) dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*, através do contato tópico em 50 lagartas. Foi retirado na proporção de 10 lagartas para acompanhamento do desenvolvimento do período larval e pupal.

3.11 Análise estatística e delineamento experimental.

As doses letais (DL₅₀ e DL₉₀) dos óleos essenciais foram determinadas através do PROC PROBIT do programa SAS version 8.02 (SAS INSTITUTE, 2001). As razões de toxicidade (RT) foram obtidas, através do quociente entre a DL₅₀ e/ou DL₉₀ do óleo de menor toxicidade e as DL₅₀ e/ou DL₉₀ dos demais óleos, individualmente.

Os dados da quantificação de proteínas totais, teores de lipídios, açúcares, glicogênio e parâmetros biológicos foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o

Proc GLM do programa SAS (SAS INSTITUTE, 2001). Através dos dados de mortalidade confirmada foi determinada a taxa média de sobrevivência, sendo os dados submetidos ao teste de Long-rank de Kaplan-Meyer pelo método de tratamento de pares utilizando o Proc Lifetest do programa SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação química dos óleos essenciais

Os óleos essenciais *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. roseadora* obtiveram os rendimentos de 0,31%; 0,093% e 0,42%, respectivamente. A Identificação realizada através da biblioteca de espectrometria de massas (NIST). O óleo essencial de *A. zerumbet* revelou presença de 16 compostos, em destaque como principal composto majoritário o 1,8-Cineol, representando 14,05%, seguido por sabineno 12,62%. O óleo essencial de *S. cumini* revelou 20 compostos, em destaque o alfa-pineno em maiores quantidades 36,22% e beta-pineno 16,09%. E o óleo essencial de *A. roseadora*, apresentou 12 compostos, em maior percentagem de beta-linalol 29,44% seguido por beta-eudesmol 14,6 % (Tabela 1). Desse modo, a composição química é responsável pela toxicidade dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini*, *A. roseadora*.

A composição química de *A. zerumbet* foi identificada em estudos anteriores e apresentou como compostos abundantes o terpineno-4-ol (17,83%), 1,8-cineol (16,13%), terpineno (15,94%) e sabineno (10,41%) de acordo com BARBOSA et al. (2021). Na presente pesquisa os componentes 1,8-cineol e sabineno também foram majoritários, representando 26,67%, não diferindo dos resultados anteriores com 26,54% da composição deste óleo. Para *S. cumini* o composto majoritário em maior percentagem foi alfa-pineno, semelhante também aos apontamentos de Dias et al. (2013), Da Silva et al. (2018) e Saroj et al. (2015) com 31,85; 21,20 e 17,2%, respectivamente. Populações de *A. roseadora* de diferentes locais de coleta tiveram seus óleos essenciais identificados e na sua composição o linalol, foi o componente majoritário encontrado, sendo que a população de FLONA revelou um percentual de 83% enquanto que na população de RESEX foi de 39% (AMAZONAS et al., 2021). Este último não sendo muito diferente do percentual de linalol encontrado no óleo essencial de *A. roseadora* no presente trabalho.

Os compostos majoritários 1,8-cineol, sabineno, alfa-pineno, beta-pineno e beta-linalol presentes nos óleos essenciais estudados neste trabalho são classificados como monoterpenos, diferente do beta-eudesmol que é um sesquiterpeno, fato que pode justificar sua ação em *S. frugiperda*. Os monoterpenos encontrados apresentam atividade inseticida contra determinados grupos de insetos (BARBOSA et al., 2021; CRUZ et al., 2016; CRUZ et al., 2017; NEGRINI et al., 2019; KNAAK; FIUZA, 2010).

Tabela 1. Composição química dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaedora* com as porcentagens relativas.

Óleos Essenciais	Composto	Tempo de retenção	LRI obtido	LRI literatura	%
<i>Alpinia zerumbet</i>	alfa-tujeno	2,34	889	926	1,68
	alfa-pineno	2,38	896	933	1,52
	Sabineno	2,60	940	973	12,62
	beta-cimeno	2,86	995	1023	6,87
	1,8-Cineol	2,90	1002	1032	14,05
	hexanoato de vinila	3,10	1043	-	2,96
	p-Ment-8-en-1-ol	3,24	1070	1147	1,65
	terpin-3-en-1-ol	3,43	1110	1120	1,32
	biciclo[3.1.0]hexan-2-ona	3,51	1126	1147	1,4
	terpinen-4-ol	3,60	1144	1179	6,03
	Ascaridol	3,80	1185	1257	1,87
	Elemol	5,05	1457	1542	0,83
	Nerolidol	5,08	1465	1535	0,74
	óxido de cariofileno	5,19	1498	1582	2,71
gama-eudesmol	5,35	1545	1630	1,1	
beta-eudesmol	5,42	1567	1649	4,5	
<i>Syzygium cumini</i>	alfa-pineno	2,39	897	933	36,22
	beta-pineno	2,62	944	975	16,09
	beta-mirceno	2,69	959	986	0,97
	limoneno	2,89	999	1020	3,12
	beta-ocimeno	2,92	1007	1028	3,67
	alfa-ocimeno	2,98	1018	1042	0,94
	epóxidoalfa-pineno	3,12	1048	1085	0,57
	óxido de limoneno	3,28	1079	1120	1,05
	Fenchol	3,31	1085	1110	0,92
	Pinocarveol	3,43	1110	1134	0,93
	cis-verbenol	3,45	1115	1136	0,9
	terpinen-4-ol	3,60	1145	1173	0,5
	alfa-terpineol	3,65	1156	1191	3,16
	acetato de bornila	4,05	1237	1286	1,14
	Isocariofileno	4,60	1349	1402	4,07
	alfa-cariofileno	4,73	1374	1448	2,21
	Elemol	5,05	1457	1542	0,58
	óxido de cariofileno	5,2	1499	1582	8,23
1,2-epóxidohumuleno	5,28	1526	1577	3,06	
beta-eudesmol	5,42	1567	1649	2,91	
<i>Aniba rosaedora</i>	1,8-cineol	2,90	1002	1039	1,76
	beta-linalol	3,23	1069	1098	29,44
	butanoato de hex-3-enila	3,64	1152	1183	2,97
	alfa-terpineol	3,66	1156	1191	5,1
	alfa-copaeno	4,42	1312	1375	2,95
	elemol	5,05	1457	1542	3,8
	espatulenol	5,17	1491	1548	2,51
	óxido de cariofileno	5,19	1498	1582	1,7
	ledol	5,26	1519	1562	2,77
	globulol	5,29	1527	1582	1,36
	tau-murolol	5,37	1553	1617	5,35
	beta-eudesmol	5,42	1567	1649	14,6

* NIST = Identificação feita através da biblioteca de espectrometria de massas (NIST); LRI = identificação feita através do índice de retenção linear. **Similaridade espectral igual a 97.

4.2 Teste por contato tópico

As doses necessárias para matar 50% da população (DL₅₀) de lagartas de *S. frugiperda* estimadas para os óleos de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* foram de 14,08 (7,40-23,58); 57,04 (32,55-86,49) e 108,54 (74,73-168,47) mg/g de inseto, respectivamente. O óleo de *A. zerumbet* apresentou razão de toxicidade (RT₅₀) 7,71 vezes, quando comparado com o *A. rosaeodora*, sendo, portanto, mais tóxico (Tabela 2). As doses necessárias para matar 90% (DL₉₀) da população de lagartas de *S. frugiperda*, foram estimadas para os óleos de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* em 417,52 (168,61-2538); 704,28 (331,04-4210) e 942,63 (466,93-3760) mg/g, respectivamente. Pela não sobreposição dos intervalos de confiança para doses letais DL₅₀, houve diferença na toxicidade dos óleos, onde *A. zerumbet* difere dos demais testados (Tabela 2).

As inclinações das curvas de concentração-mortalidade variaram entre os tratamentos, sendo o óleo essencial de *A. rosaeodora* resonsável pela maior (1,36) e a menor o *A. zerumbet* (0,87). Esse valor mais elevado de inclinação da curva indica para esse óleo uma maior distância entre as doses letais DL₅₀ e DL₉₀. Os valores de χ^2 (qui-quadrado) foram baixos para todos os tratamentos (<3,00), indicando que a reta é adequada para descrever a relação concentração-mortalidade, o que possibilitou as estimativas das doses para os óleos *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*, além disso todos os valores de probabilidade (*P*) acima de 5% indicam ajuste das curvas de dose-resposta ao modelo de Probit (Tabela 2).

É importante o estudo dos óleos essenciais aplicados como medida de controle sobre insetos-praga, sendo uma ferramenta do manejo integrado de pragas (MIP). Embora muitas vezes os óleos essenciais não ocasionem a toxicidade propriamente, eles podem ocasionar alterações sobre insetos-praga, sendo capaz de reduzir o desenvolvimento de população de insetos, inibir a emergência e desenvolvimento de adultos, proporcionar infertilidade e causar alterações na biologia e parâmetros reprodutivos e nutricionais (OOTANI et al., 2013; CRUZ et al., 2015; CRUZ et al., 2016)

À vista disso, diversas plantas possuem atividade inseticida comprovada, como, *Eucalypto staigeriana* (Myrtales: Myrtaceae), *Ocimum gratissimum* (Lamiales: Lamiaceae) e *Foeniculum vulgare* (Apiales: Apiaceae), apresentaram toxicidade (DL₅₀) de 3,20; 1,52 e 5,04 mg/g de inseto, responsável por causar mortalidade na lagarta de *S. frugiperda*, além de causar efeitos subletais em larvas e parâmetros

reprodutivos em adultos (CRUZ et al., 2016). *Alpinia zerumbet* possui potencial inseticida por contato, fumigação e repelência contra *C. maculatus* (BARBOSA et al., 2021). O eucaliptol (Myrtaceae) apresenta efeitos inseticida em insetos e inclusive contra *S. frugiperda*, uma vez que o composto majoritário é um monoterpeneo (1,8-cineol) (CHAGAS et al., 2002). Também, óleos essenciais de *Corymbia citriodora* (Myrtaceae) e *Lippia microphylla* (Verbenaceae), apresentam monoterpeneos importantes (1,8-cineol, α -terpineol e terpinen-4-ol) e ocasionaram taxas de mortalidades acima de 80% com menos de 20 μ L de óleos sobre *S. frugiperda* (NEGRINI et al., 2019). No presente trabalho, onde o maior índice de compostos são monoterpeneos foi utilizado um volume máximo de 20 μ L para os óleos essenciais de *S. cumini* e *A. rosaeodora* e de 10 μ L para o óleo essenciais de *A. zerumbet*, demonstrando o potencial tóxico desses óleos a *S. frugiperda*.

Diferentes compostos majoritários têm sido investigados na literatura, na tentativa de elucidar quais componentes são responsáveis pelo efeito inseticida. No presente trabalho, a maior toxicidade por contato foi observada pelo óleo essencial de *A. zerumbet*, tendo como principais compostos na sua composição química 1,8-cineol e sabineno, sendo que os dois são monoterpeneos, assim como os majoritários de *S. cumini*, os compostos alfa-pineno e beta-pineno, além de beta-linalol para *A. roseodora*. Dessa maneira, a mortalidade *S. frugiperda* pode ser relacionada com a ação desses compostos, uma vez que podem atuar na inibição da acetilcolinesterase, ou seja atuando sobre o sistema nervoso dos insetos.

Tabela 2. Toxicidade por contato tóxico (mg/g de inseto) dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* em *S. frugiperda* (lagartas de 3^o instar).

Óleos essenciais	n	GL	Inclinação (\pm EP)	DL ₅₀ (IC95%)	RT ₅₀	DL ₉₀ (IC95%)	RT ₉₀	P	χ^2
<i>A. zerumbet</i>	180	4	0,87 \pm 0,16	14,08 (7,40-23,58)	7,71	417,52 (168,61-2538)	2,26	0,95	0,72
<i>S. cumini</i>	180	4	1,17 \pm 0,26	57,04 (32,55-86,49)	1,90	704,28 (331,04-4210)	1,34	0,89	0,61
<i>A. rosaeodora</i>	180	4	1,36 \pm 0,24	108,54 (74,73-168,47)	-	942,63 (466,93-3760)	-	0,43	2,76

n= número de insetos usados no teste; GL= grau de liberdade; EP = erro padrão da média; IC = intervalo de confiança; RT = razão de toxicidade, χ^2 = Qui-quadrado; P= probabilidade de significância

4.3 Quantificação de proteínas solúveis totais em *S. frugiperda*

A quantidade de proteínas solúveis em lagartas de *S. frugiperda* tratadas com as (DL₂₀) dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* não apresentaram redução quando comparadas com o controle (Figura 1).

O estudo sobre os aspectos nutricionais de *S. frugiperda* após a aplicação dos óleos essenciais *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* podem gerar informações importantes sobre os impactos e suas concentrações subletais sobre a nutrição de *S. frugiperda*. Alterações na quantidade de proteínas podem ser resultado do déficit nutricional no inseto ocasionada por óleos essenciais (SENTHILKUMAR et al., 2009).

A interferência em parâmetros nutricionais é um dos efeitos ocasionados pelos inseticidas botânicos (YAZDANI et al., 2013). Os corpos gordurosos são intermediários no metabolismo dos insetos e nele são armazenados proteínas, lipídios e carboidratos, as proteínas vitelogenina, carboxipeptidase vitelogênica, catepsina B e lipoforina são produzidas pelo corpo gorduroso do inseto e incorporadas aos ovócitos em desenvolvimento, assim quando ocorre redução proteica afeta diretamente a vitelogênese acarretando efeitos negativos na reprodução (GUIZZO et al., 2012). Por outro lado, em termos botânicos, a redução proteica ocorre pela interferência dos inseticidas botânicos nos hormônios reguladores da síntese proteica (SENTHILKUMAR et al., 2009). Embora na presente pesquisa, às proteínas não obtiveram alterações significativas, estudos comprovam redução nutricional em *S. frugiperda*. Silva et al. (2016) estudaram os efeitos do óleo essencial de citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) em lagartas de *S. frugiperda*, e os resultados demonstraram que este óleo ocasionou uma redução significativa nos mesmos parâmetros nutricionais. Também, os óleos essenciais *Piper corcovadensis*, *Piper marginatum* e *Piper arboreum* mostrou relevantes na influência quantitativa de proteínas essenciais (DUTRA et al., 2020).

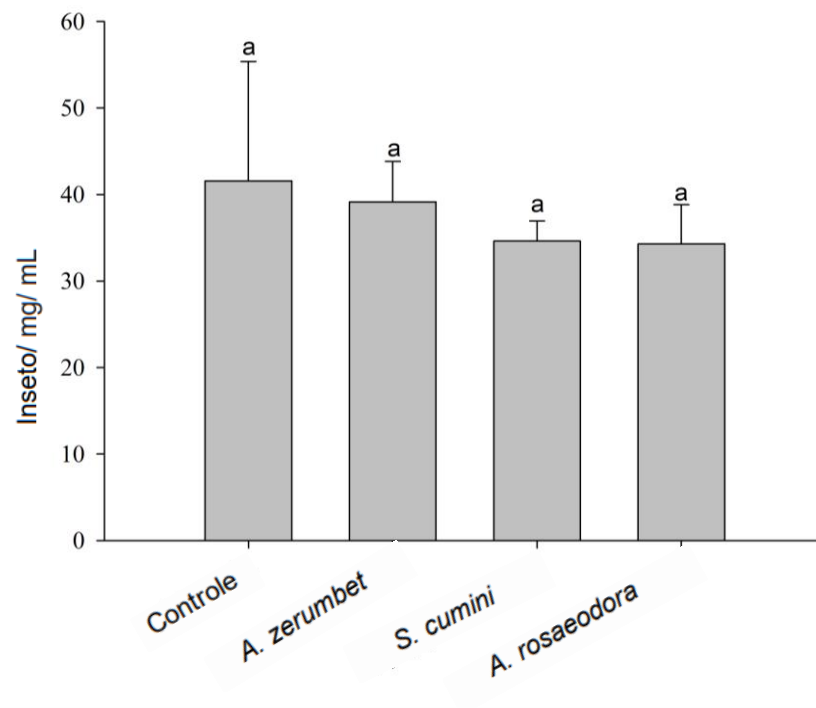


Figura 1. Quantidade de proteínas totais oriundos de lagartas de 3º instar de *S. frugiperda* submetidas a DL₂₀, por contato tópico, dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

4.4 Análises de lipídio, açúcar total e glicogênio

A quantidade de lipídio em lagartas de *S. frugiperda* tratadas com a (DL₂₀) do óleo essencial de *A. zerumbet* (8,15 µg/mL) apresentou redução em comparação com o controle (12,67 µg/mL). Entretanto, quando tratadas com os óleos essenciais de *A. rosaeodora* e *S. cumini* não ocasionaram redução nutricional de lipídios (Figura 2). Houve redução na quantidade de açúcar total em lagartas tratadas com óleos essenciais de *A. rosaeodora* e *S. cumini* com relação ao controle, sendo (3,99 µg/mL, 2,97 µg/mL e 14,61 µg/mL), respectivamente. Enquanto as lagartas tratadas com óleo essencial de *A. zerumbet* não apresentaram redução do açúcar total (Figura. 3). Portanto, os óleos essenciais de *A. rosaedora* e *S. cumini* proporcionaram redução significativa no efeito nutricional da *S. frugiperda*. Os óleos essenciais de *A. rosaeoda*, *A. zerumbet* e *S. cumini* proporcionaram redução significativa na quantidade de glicogênio, afetando a composição nutricional da *S. frugiperda* (Figura. 4).

Pesquisas demonstram que produtos de origem natural, propriamente os óleos essenciais, são apontados por causar alterações importantes nos aspectos

nutricionais do inseto, proteínas, lipídio, açúcar total e glicogênio. Óleos essenciais do gênero *Piper* (*P. corcovadensis*, *P. marginatum* e *P. arboreum*) causaram no intestino médio de larvas de *S. frugiperda* alterações significativas, onde a menor DL₅₀ de *P. corcovadensis*, provocou alterações deletérias e histopatológicas, redução de carboidratos, aumento apoptótico, alongamento de células colunares, formação de saliências citoplasmáticas e diminuição da proliferação celular (DUTRA et al., 2019). Portanto as espécies de *Piper* apresentaram influência quantitativa nos aspectos nutricionais (proteínas, lipídios, carboidratos e glicogênio) nesta praga. O óleo de citronela causou alterações no intestino médio de larvas do terceiro ínstar e redução de glicogênio corporal de gordura na concentração de 50 mg/mL, afetando negativamente a sobrevivência e reprodução dos insetos (SILVA et al., 2016). Em lagatas tratadas com limoneno e trans-anetol (um monoterpene e um fenilpropanoide, respectivamente), esses compostos causaram alterações importantes, porém os resultados foram mais significativos quando esses foram usados em combinação (CRUZ et al., 2017).

Os lipídios são fonte de energia, e sua ausência afeta positivamente a reprodução, além de atuar na ovogênese. Na hemolinfa dos insetos, onde está inserida a lipoproteína chamada de lipoforina, que tem a função de transporte do hormônio e por consequência da sua ausência, pode afetar a produção de ovos (LIMA-MENDONÇA et al., 2014). Os carboidratos são fonte de energética, participam da síntese de aminoácidos, importante para o desenvolvimento da cutícula, na reprodução dos insetos, além de ser crucial na participação do desenvolvimento dos ovos (ARRESE et al., 2010). Os açúcares são importantes para os insetos, a trealose é o principal açúcar de reserva, é fundamental no metabolismo dos carboidratos, além de fontes de reserva energética (ROSAS-MEJÍA et al., 2015). Portanto, deficiência nutricional principalmente na fase imatura, pode ocasionar vários efeitos negativos, como principalmente pode afetar a reprodução. Houve alteração significativa nos aspectos nutricionais de lagatas de 3º instar de *S. frugiperda* quando utilizado a DL₂₀ dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. O óleo essencial de *A. zerumbet* reduziu a quantidade de lipídio, enquanto que lagatas tratadas com *A. rosaeodora* e *S. cumini* proporcionaram redução na quantidade de açúcar total. Todos os óleos essenciais usados na presente pesquisa, proporcionaram redução na quantidade de glicogênio.

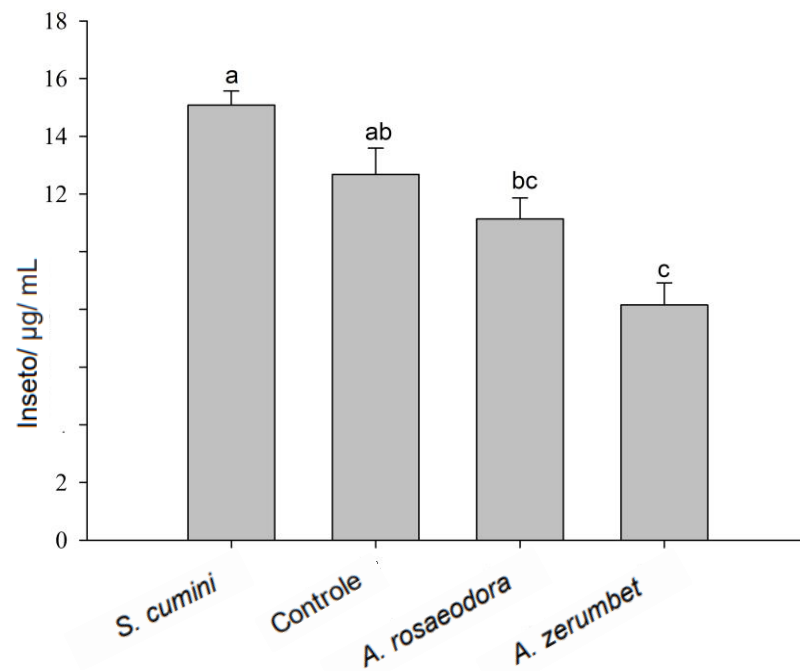


Figura 2. Quantidade de lipídios oriundos de lagartas de 3^o instar de *S. frugiperda* submetidas a DL₂₀, por contato tóxico, dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

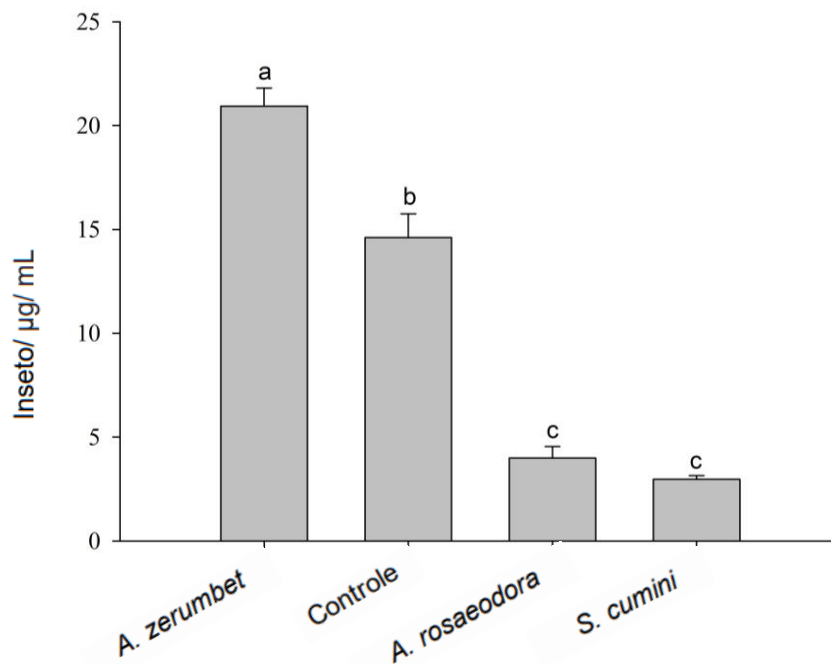


Figura 3. Quantidade de açúcar total oriundos de lagartas de 3^o instar de *S. frugiperda* submetidas a DL₂₀, por contato tóxico, dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

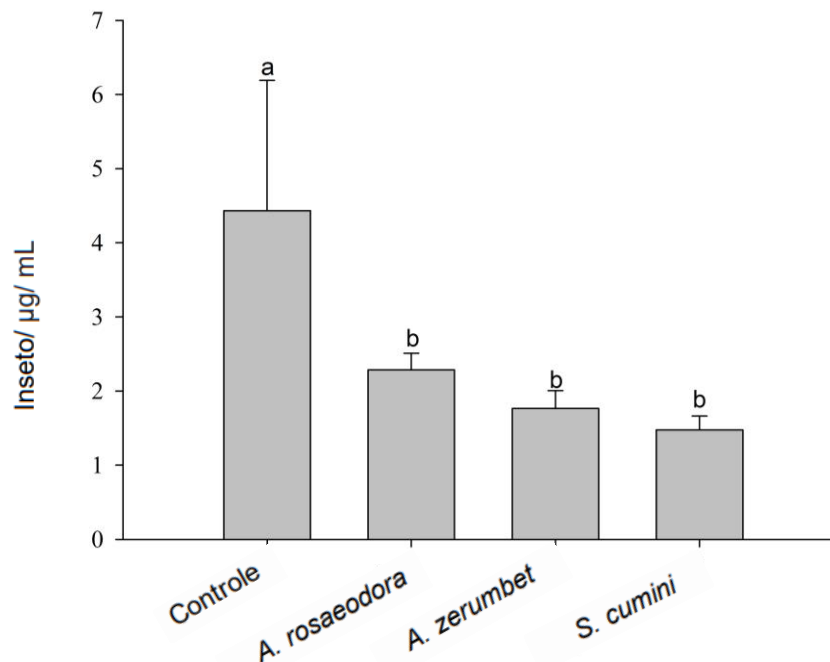


Figura 4. Quantidade de glicogênio oriundos de lagartas de 3º instar de *S. frugiperda* submetidas a DL₂₀, por contato tópico, dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P>0,05).

4.5 Efeito dos óleos essenciais na longevidade de *S. frugiperda*

A longevidade de adultos de *S. frugiperda* foi significativamente menor quando as lagartas de 3º instar foram submetidas a DL₂₀ via contato tópico dos óleos essenciais de *S. cumini* ($\chi^2=28,98$; GL= 1; P=0001) e *A. rosaeodora* ($\chi^2=23,26$; GL=1; P=0001) quando comparadas ao controle, proporcionando uma longevidade média de 6 e 5,43 dias, respectivamente. O óleo essencial de *A. zerumbet* não apresentou diferença estatística para o controle, no 14º dia todos os adultos morreram ($\chi^2= 0,15$; GL=1; P=0,69) (Figura 5). Apesar desses óleos promoverem toxicidade por contato tópico, os insetos sobreviventes podem sofrer efeito subletal e influenciar na longevidade. Logo, afetar negativamente a sobrevivência e a reprodução de adultos dos insetos é um efeito importante para o manejo de *S. frugiperda*. Foi testado a DL₅₀ dos compostos limoneno (monoterpeno), trans-anethole (fenilpropanoides) e limoneno+trans-anethole contra *S. frugiperda*, ambos apresentaram uma redução significativa na longevidade de adultos (CRUZ et al., 2017). Os resultados do presente trabalho demonstram que os óleos essenciais de *S. cumini* e *A. rosaeodora* que são monoterpenicos obtiveram comportamento semelhante, afetando de forma significativa a sobrevivência e reduzindo a

longevidade de adultos, revelando uma tendência em reduzir a população de *S. frugiperda*, enquanto *A. zerumbet* não afetou a sobrevivência de adultos.

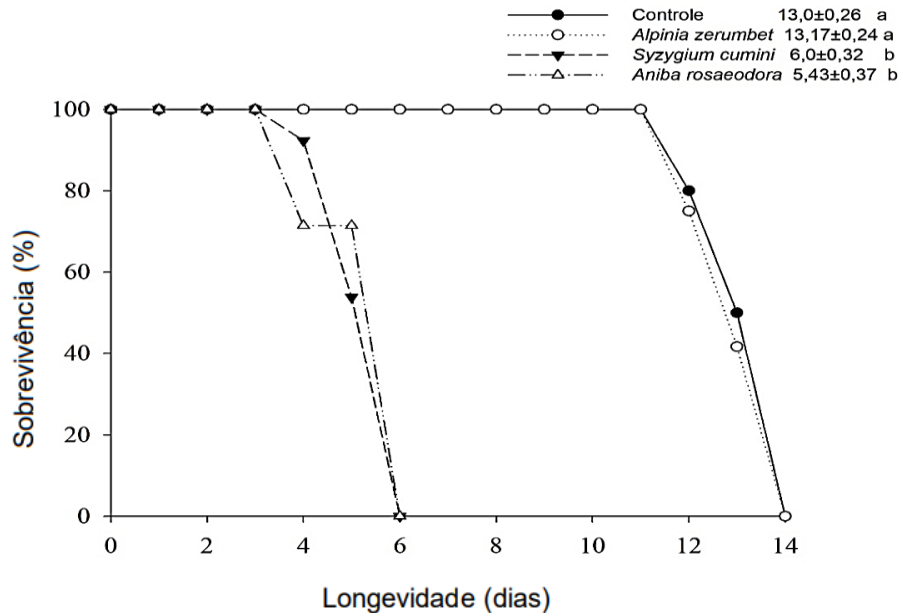


Figura 5. Sobrevivência diária de adultos provenientes de lagartas de terceiro ínstar de *S. frugiperda* submetidas à DL₂₀ dos óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*.

4.6 Efeito dos óleos essenciais nos parâmetros biológicos da *S. frugiperda*

Os óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* não afetaram o período larval de *S. frugiperda* quando aplicada a DL₂₀, pois não houve diferença estatística para o controle. Os óleos essenciais de *A. rosaeodora*, *A. zerumbet* e *S. cumini*, proporcionaram período larval médio de 8,6; 8,6 e 8,4 dias e o controle de 8,2 dias (Figura 6). Assim como para o período larval, os óleos essenciais também não afetaram o período pupal de *S. frugiperda*, já que após a aplicação da DL₂₀ não reduziram ou aumentaram o período pupal em comparação com o controle. Os óleos essenciais de *A. rosaeodora*, *A. zerumbet* e *S. cumini*, proporcionaram período pupal médio de 8,4; 8,4 e 8,0 dias e o controle de 8,5 dias (Figura 7).

Apesar de estudos recentes sugerirem que óleos essenciais podem impactar o desenvolvimento larval de *S. frugiperda*, nem todos os óleos têm o mesmo efeito. Um estudo conduzido por Palermo et al. (2022) avaliou o efeito do óleo essenciais de *Ocimum basilicum* L. sobre o período de desenvolvimento larval de *S. frugiperda*, e os resultados indicaram que esse óleo aumentou o período de desenvolvimento larva-adulto, conseqüentemente aumentando o período larval. Cruz

et al. (2014) avaliaram o efeito dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* L. e *Syzygium aromaticum* L. sobre a biologia de *S. frugiperda* após a aplicação da (DL₃₀) e observaram que o óleo de *P. hispidinervum* reduziu o período larval e aumentou o período pupal, já *S. aromaticum* aumentou o período larval e não afetou o período pupal. No presente trabalho, o óleo de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*, também não afetaram o período larval de *S. frugiperda*.

Embora alguns desses resultados contrastam com o presente estudo, é válido destacar a importância de se entender como diferentes óleos essenciais podem afetar diferentes aspectos do desenvolvimento de *S. frugiperda*, seja aumentando ou diminuindo o tempo de cada fase do inseto ou não o afetando.

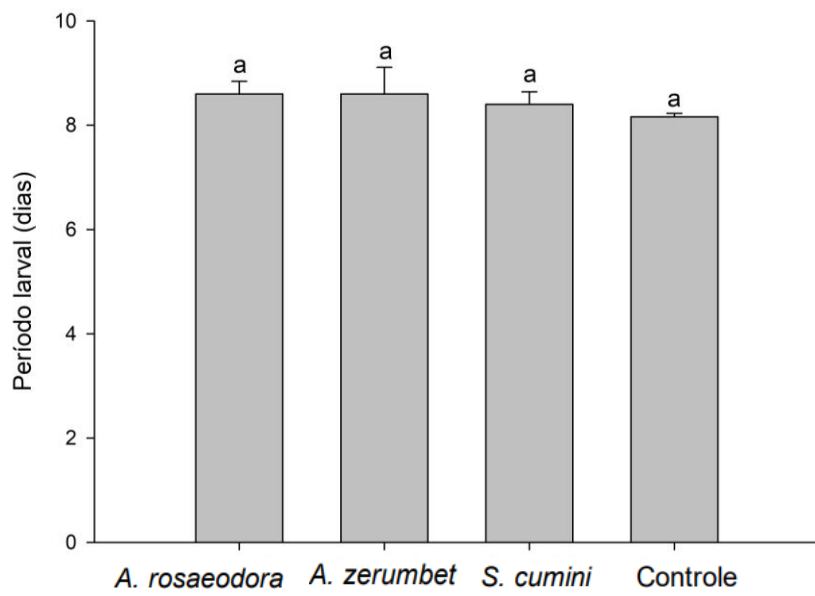


Figura 6. Período larval de *S. frugiperda* após a aplicação da dose letal DL₂₀ dos óleos essenciais de *A. rosaeodora*, *A. zerumbet* e *S. cumini*. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P>0,05).

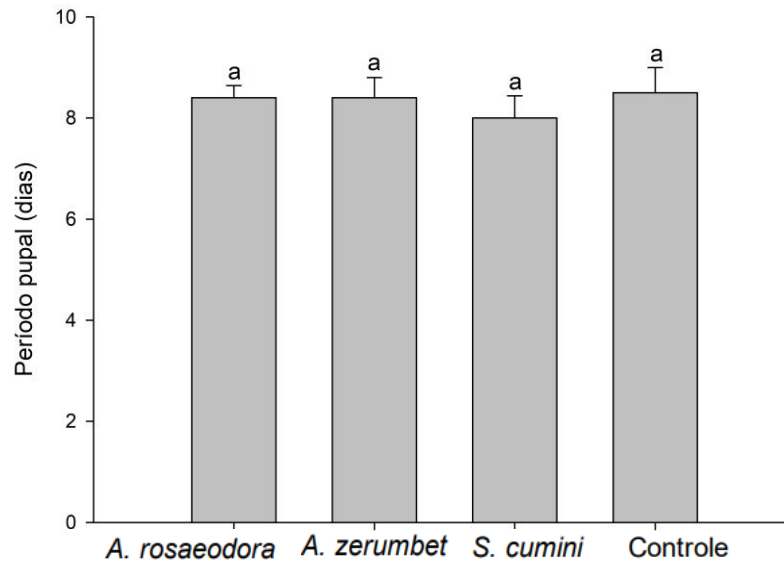


Figura 7. Período pupal de *Spodoptera frugiperda* após a aplicação da dose letal DL_{20} dos óleos essenciais de *A. rosaeodora*, *A. zerumbet* e *S. cumini* em larvas de terceiro ínstar. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

5 CONCLUSÃO

Os óleos essenciais de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora* apresentaram toxicidade contra *S. frugiperda*, porém *A. zerumbet* foi considerado mais tóxico.

Os óleos de *S. cumini* e *A. rosaeodora* proporcionaram redução nos parâmetros nutricionais de *Spodoptera frugiperda* (açúcar e glicogênio) o que pode ter afetado a longevidade de adultos.

O período larval e pupal de *S. frugiperda* não foi alterado pelos óleos de *A. zerumbet*, *S. cumini* e *A. rosaeodora*.

Com isso, os resultados deste estudo indicam que os óleos essenciais testados apresentam potencial para o controle de *S. frugiperda*, podendo ser utilizado como método de controle sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASIPOUR, H.; MAHMOUDVAND, M.; RASTEGAR, F.; BASIJ, M. Insecticidal activity of *Peganum harmala* seed extract against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Bulletin of Insectology**, v. 63, n. 2, p. 259-263, 2010.
- AHISSOU, B. R.; SAWADOGO, W. M.; BOKONON-GANTA, A. H.; SOMDA, I.; KESTEMONT, M. P.; VERHEGGEN, F. J. Baseline toxicity data of different insecticides against the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and control failure likelihood estimation in Burkina Faso. **African Entomology**, v. 29, p. 435-444. 2021.
- ALVES, T. J.; CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; TEIXEIRA, A. A.; OLIVEIRA, J. V.; CORREIA, A. A.; CÂMARA, C. A.; CUNHA, F. M. Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. **Biotechnic & Histochemistry**, v. 11, p. 1-11, 2013.
- AMAZONAS, D. R.; OLIVEIRA, C.; BARATA, L. E. S.; TEPE, E. J.; KATO, M. J.; MOURÃO, R. H. V.; YAMAGUCHI, L. F. Chemical and Genotypic Variations in *Aniba rosiodora* from the Brazilian, **Amazon Forest. Molecules**, v. 26, p. 69, 2021.
- APRD. 2021.** Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. <http://www.pesticideresistance.org/>. Acesso 02 de fevereiro de 2022.
- ARRESE, E. L.; SOULAGES, J. L. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. **Annual review of entomology**, v. 55, p. 207-225, 2010.
- ARTANTI, N.; MARYANI, F.; DEWI, R. T.; HANDAYANI, S.; DEWIJANTI, I. D.; MEILAWATI, L.; FILAILA, E.; UDIN, L. Z. In vitro antidiabetic, antioxidant and cytotoxic activities of *Syzygium cumini* fractions from leaves ethanol extract. **Indonesian Journal of Cancer Chemoprevention**, v. 10, n. 1, p. 24-29, 2019.
- BARBOSA, D. R. E. S.; DOS SANTOS, R. B. V.; SANTOS, F. M. P.; DA SILVA JUNIOR, P. J.; DE OLIVEIRA NETO, F. M.; SILVA, G. N., DUTRA, K. DE A.; NAVARRO, D. M. DO A. F. Evaluation of *Cymbopogon flexuosus* and *Alpinia zerumbet* essential oils as biopesticides against *Callosobruchus maculatus*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v.129, p.125-136, 2021.
- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R.; OLIVEIRA, M. D. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.137, n. 3, p. 237-245, 2010.
- BERO, J.; KPOVIESSI, S.; QUETIN-LECLERCQ, J. Anti-Parasitic activity of Essential oils and their active constituents against *Plasmodium*, *Trypanosoma* and *Leishmania*. **Novel Plant Bioresources: Applications in Food, Medicine and Cosmetics**, p. 455-469, 2014.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594. 2009.

BOBBIO, F. O.; SCAMPARINI, A. R. P. Carbohydrates, organic acids and anthocyanin of *Eugenia jambolana* Lamark. **Industrie Alimentari**, v. 21, n. 04, p. 296-298, 1982.

BOLZAN, A.; PADOVEZ, F. E. O.; NASCIMENTO, A. R. B.; KAISER, I. S.; LIRA, E. C.; AMARAL, F. S. A.; KANNO, R. H.; MALAQUIAS, J. B.; OMOTO, C. Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides. **Pest Management Science**, v.75, p. 2682–2689, 2019.

BOTHA, A. S.; ERASMUS, A.; PLESSIS, H. D.; BERG, J. V. D. Efficacy of Bt Maize for Control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in South Africa. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 03, p.1260-1266, 2019.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein using the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: sistema de agrotóxicos fitossanitários. 2023. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 29 abril. 2022.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; NORBERG, S. D. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas temperaturas. **Ciência Agrotecnológica**, v. 28, n. 06, p. 1278-1283, 2004.

BUSS, E. A.; PARK-BROWN, S. G. Natural products for insect pest management. Gainesville: UF/IFAS, 2002. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/IN197>. Acesso em 15 de fevereiro de 2022.

CARTAXO-FURTADO, N. A. D. E. O.; SAMPAIO, T. O.; XAVIER, M. A.; MEDEIROS, A. D. D. E.; PEREIRA, J. V. Perfil fitoquímico e determinação da atividade antimicrobiana de *Syzygium cumini* (L.) Skeels (Myrtaceae) frente a microrganismos bucais. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 17, p. 1091-1096, 2015.

CARVALHO, C. R. D. Relação entre Parâmetros Ecofisiológicos e a Produção de Óleo essenciais em Espécies Arbóreas. 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2013.

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, e62268, 2013.

CHAGAS, A. C. S.; PASSOS, W. M.; PRATES, H. T.; LEITE, R. C.; FURLONG, J.; FORTES, I.C.P. Efeito acaricida de óleos essenciais e concentrados emulsionáveis de *Eucalyptus spp* em *Boophilus microplus*. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.39, n.5, p.247-253, 2002.

- CHAN, E. W. C.; WONG, S. K.; CHAN, H. T. *Alpinia zerumbet*, a ginger plant with a multitude of medicinal properties: An update on its research findings. **Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences**, v. 26, p. 775-788, 2017.
- CHANDRASEKARAN, M.; VENKATESALU, V. Antibacterial and antifungal activity of *Syzygium jambolanum* seeds. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 91, n. 01, p. 105-108, 2004.
- CHANTRAINE, J. M.; DHÉNIN, J. M.; MORETTI, C. Chemical variability of rosewood (*Aniba rosaeodora* Ducke) essential oil in French Guiana. **Journal of Essential Oil Research**, v. 21, n. 6, p. 486-495, 2009.
- CHHIKARA, N.; KAUR, R.; JAGLAN, S.; SHARMA, P.; GAT, Y.; PANGHAL, A. Bioactive compounds and pharmacological and food applications of *Syzygium cumini*—a review. **Food & function**, v. 9, n. 12, p. 6096-6115, 2018.
- COKOLA, M. C.; NDJADI, S. S.; BISIMWA, E. B.; AHOTON, L. E.; FRANCIS, F. First report of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on Onion (*Allium cepa* L.) in South Kivu, Eastern DR Congo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 65, n. 1, e20200083, 2021.
- CORREIA, A. G.; VIEIRA, P. C. **Produtos naturais no controle de insetos**, São Paulo: EdUFSCar, 2a. ed., p.150, 2007.
- COSTA, R. C.; VERZIGNASSI, J. R.; POLTRONIERI, L. S.; BENCHIMOL, R. L.; CARVALHO, E. A. **Ocorrência de mancha foliar causada por *Colletotrichum gloeosporioides* em pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) no Estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA. 2013.
- CRESPO, A. M.; GONÇALVES, D. da C; SOUZA, M. N.; ZANÚNCIO JUNIOR, J. S.; COSTA, H.; FAVARATO, L. F.; RANGEL, O. J. P.; ARAÚJO, J. B. S. Manejo da lagarta-do-cartucho do milho (*Spodoptera frugiperda*): panorama geral das atualizações no controle alternativo. Alegre, ES: IFES Alegre, 2021.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981.
- CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V., OLIVEIRA, J. V.; CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V., OLIVEIRA, J. V.; CORREIA, A.A.; ALVES, T.S.; CUNHA, F.M.; BREDA, M.O. Histological and Histochemical Changes by Clove Essential Oil Upon the Gonads of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **International Journal of Morphology**, v.33, p.1393-1400, 2015.
- CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J. V.; CORREIA, A. A.; BREDA, M. O.; ALVES, T. J. S.; CUNHA, F. M.; TEIXEIRA, A. A. C.; DUTRA, K. A.; NAVARRO, D. M. A. F. Bioactivity of *Piper hispidinervum* (Piperales: Piperaceae) and *Syzygium aromaticum* (Myrtales: Myrtaceae) oils, with or without formulated Bta on the biology and immunology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v.107, n.1, p.144-153, 2014.

CRUZ, G.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V., OLIVEIRA, J.V.; LOPES, F.S.; BARBOSA, D.R.; BREDÁ, M.O.; DUTRA, K.A.; GUEDES, C.A.; NAVARRO, D.M.; TEIXEIRA, A.A. Sublethal Effects of Essential Oils From *Eucalyptus staigeriana* (Myrtales: vMyrtaceae), *Ocimum gratissimum* (Lamiales: Laminaceae), and *Foeniculum vulgare* (Apiales: Apiaceae) on the Biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v.109, n. 2, p.660-6. 2016.

CRUZ, G.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J.V.; D'; ASSUNÇÃO, C.G.; CUNHA, F.M.; TEIXEIRA, A.C.; GUEDES, C.A.; DUTRA, K.A.; BARBOSA, D.R.S.; BREDÁ, M.O. Effect of trans-anethole, limonene and your combination in nutritional components and their reflection on reproductive parameters and testicular apoptosis in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Chemico-Biological Interactions**. v. 263, p. 74-80, 2017.

CRUZ, I. **A lagarta do cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 45 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 21).

CRUZ, I.; VALICENTE, F. H.; SANTOS, J. P.; WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A. **Manual de identificação de pragas da cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1997, p. 67.

CRUZ, I.; VALICENTE, F. H.; VIANA, P. A.; MENDES, S. M. **Risco potencial das pragas de milho e de sorgo no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 2013, p. 40.

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. **Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos**. Sete Lagoas: EMBRAPA CNPMS, 1999, p. 39.

DA CRUZ, J. D.; MPALANTINOS, M. A.; RAMOS, A. D. S.; FERREIRA, J. L. P.; DE OLIVEIRA, A. A.; NETTO JUNIOR, N. L.; SILVA, J. R. D.; AMARAL, A. C. F. Chemical standardization, antioxidant activity and phenolic contents of cultivated *Alpinia zerumbet* preparations. **Industrial crops and products**, v. 151, p. 112495, 2020.

DA SILVA, V. P.; et al. Chemical composition and *in vitro* leishmanicidal, antibacterial and cytotoxic activities of essential oils of the Myrtaceae family occurring in the Cerrado biome. **Industrial Crops & Products**. V. 123, p. 638-645, 2018.

DAY, R.; ABRAHAMS, P.; BATEMAN, M.; BEALE, T.; CLOTTEY, V.; COCK, M.; COLMENAREZ, Y.; CORNIANI, N.; EARLY, R.; GODWIN, J.; GOMEZ, J.; MORENO, P. G.; SEAN, T.; MURPHY, S. T.; MENSAH, B. O.; PHIRI, N.; PRATT, C.; SILVESTRI, S.; WITT, A. Fall armyworm: impacts and implications for Africa. **Outlooks on Pest Management**, v.28, p.196–201, 2017.

DIAS, C. N.; RODRIGUES, K. A.; CARVALHO, F. A.; CARNEIRO, S. M.; MAIA, J. G.; ANDRADE, E. H.; MORAES, D. F. Molluscicidal and Leishmanicidal Activity of the Leaf Essential Oil of *Syzygium cumini* (L.) Skeels from Brazil. **Chemistry & Biodiversity**. V. 10, p. 1133-1141, 2013.

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

DUMAS, P.; LEGEAI, F.; LEMAITRE, C.; SCAON, E.; ORSUCCI, M.; LABADIE, K.; GIMENEZ, S.; CLAMENS, A. L. HENRI H, VAVRE F, AURY J M, FOURNIER P, KERGOAT G J, D'ALENCON E. *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) host-plant variants: Two host strains or two distinct species. **Genetica**, v.143, p. 305-316. 2015.

DUTRA, K. A., WANDERLEY TEIXEIRA, V., CRUZ, G. S., SILVA, C. T. S., D' ASSUNÇÃO, C. G., FERREIRA, C. G. M.; MONTEIRO, A. L. B.; AGRA NETO, A. C.; LAPA NETO, C. J. C.; TEIXEIRA, A. A. C.; NAVARRO, D. M. A. F. Morphological and immunohistochemical study of the midgut and fat body of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: noctuidae) treated with essential oils of the genus *Piper*. **Biotechnic & Histochemistry**, v. 94, n. 7, p. 498-513, 2019.

DUTRA, K.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; GUEDES, C.; CRUZ, G.; NAVARRO, D.; MONTEIRO, A.; AGRA, A.; LAPA NETO, C.; TEIXEIRA, A. Toxicity of Essential Oils of Leaves of Plants from the Genus *Piper* with Influence on the Nutritional Parameters of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v.23, p.213-229, 2020.

EDDLESTON, M.; BUCKLEY, N. A.; EYER, P.; DAWSON, A. H. Management of acute organophosphorus pesticide poisoning. **The Lancet**, v.371, p.597–607, 2008.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V; ARGOLO, V. Avaliação de plantas com potencial inseticida no controle da vaquinha-do-feijoeiro (*Cerotoma tingomarianus* Bechyné). Rio Branco: Embrapa Acre, p.42, 2002.

FERNANDES, O. D.; PARRA, J. R. P.; NETO A. F.; PÍCOLI, R.; BORGATTO, A. F.; DEMÉTRIO, G. B. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepdoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p. 25-35. 2003.

FERREIRA, A. M.; MOUCHREK FILHO, V. E.; MAFRA, N. S. C.; SALES, E. H.; JÚNIOR, P. S. S.; EVERTON, G. O. Constituintes químicos, toxicidade, potencial antioxidante e atividade larvicida frente a larvas de *Aedes aegypti* do óleo essenciais de *Aniba rosaeodora* Ducke. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e520985663-e520985663, 2020.

FERREIRA, T. C.; NASCIMENTO, D. M.; SILVA, E. O. Métodos alternativos para controle de insetos-praga em sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 60, n. 1, p. 112-119, 2017.

FIDELIS, C. H. V.; SAMPAIO, P.T.B.; KRAINOVIC, P. M.; AUGUSTO, F.; BARATA, L.E.S.; Correlation between maturity of tree and GCx GC–qMS chemical profiles of essential oil from leaves of *Aniba rosaeodora* Ducke. **Microchemical Journal**, v. 109, p. 73-77, 2013.

- FIGUEIREDO, C. S.; LEMES, A. R. N.; SEBASTIÃO, I.; DESIDÉRIO, J. A. Synergism of the *Bacillus thuringiensis* Cry1, Cry2, and Vip3 proteins in *Spodoptera frugiperda* control. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 188, n. 3, p. 798-809, 2019.
- FLORES & FOLHAS. Alpinia ou colônia (*Alpinia zerumbet*). Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/a20alpinia.htm>>. Acesso em: 05 de outubro de 2022.
- FRANZ, C; NOVAK, J. Sources of essential oils. In: BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. (Ed.) **Handbook of Essential Oils**. Boca Raton: CRC Press, p. 39-82, 2009.
- GHAREEB, M. A.; SOBEH, M.; REZQ, S.; EL-SHAZLY, A. M.; MAHMOUD, M. F.; WINK, M. HPLC-ESI-MS/MS profiling of polyphenolics of a leaf extract from *Alpinia zerumbet* (Zingiberaceae) and its anti-Inflam-matory, anti-Nociceptive, and antipyretic activities in vivo. **Molecules**, v. 23, n. 12, p. 3238, 2018.
- GOERGEN, G.; KUMAR, P. L.; SANKUNG, S. B.; TOGOLA, A.; TAMO, 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**, v.11, p. e0165632, 2016.
- GÓMEZ, I.; OCELOTL, J.; SÁNCHEZ, J.; AGUILAR-MEDEL, S.; PEÑA-CHORA, G.; LINA-GARCIA, L.; BRAVO, A.; SOBERÓN, M. *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab domain III β -22 mutants with enhanced toxicity to *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). **Applied and Environmental Microbiology**, v. 86, n. 22, 2020.
- GROOT, A. T.; MARR, M.; HECKEL, D. G.; SCHOFL, G. The roles and interactions of reproductive isolation mechanisms in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains. **Ecological Entomology**, v.35, p.105–118. 2010.
- GUEDES, C. A.; CRUZ, G. A. Óleos essenciais e seu efeito sobre lepidópteros pragas. In: FRANÇA, S. M.; SILVA, P. R. R (Orgs).; **Inseticidas botânicos no manejo de pragas: um passo para a sustentabilidade agrícola**. Teresina: EDUFPI, p.172, 2018.
- GUEDES, C.A.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; DUTRA, K.A.; NAVARRO, D.M.; CRUZ, G.S.; LAPA NETO, C.J.C.; CORREIA, A.A.; SANDES, J.M.; BRAYNER, F.A.; ALVES, L.C.; TEIXEIRA, A.C. Evaluation of *Piper marginatum* (Piperales: Piperaceae) Oil and Geraniol on the Embryonic Development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Comparison to Formulated Products. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, p. 239–248, 2020.
- GUEDES, R. N. C; SMAGGHE, G.; STARK, J. D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**. 61, p.43–62, 2016.
- GUIZZO, M. G.; ABREU, L.; MASUDA, A.; LOGULLO, C.; VAZ JUNIOR, I. D. S. Metabolism of biomolecules in the embryogenesis of the tick *Rhipicephalus microplus* (Boophilus). **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 40, n. 1, 2012.

GUPTA, G. S.; SHARMA, D. P. Triterpenoid and other constituents of *Eugenia jambolana* leaves. **Phytochemistry**, v.13, p. 2013-2014, 1974.

HANDA, L.; SAMPAIO, P. T. B.; QUISEN, R. C. Cultura in vitro de embriões e de gemas de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). **Acta Amazônica**. v. 1, p. 35, 2005.

HARBORNE, J. B. Advances in chemical ecology. **Natural Product Reports**, v. 10, n. 4, p. 327-348, 1993.

HE, L. M.; WANG, T. L.; CHEN, Y. C.; GE, S. S.; WYCKHUYS, K. A. G.; WU, K. M. Larval diet affects development and reproduction of East Asian strain of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Integrative Agriculture**, v.20, p.736–744. 2021.

HERMAN, A.; TAMBOR, K.; HERMAN, A. Linalool Affects the Antimicrobial Efficacy of Essential Oils. **Current microbiology**, v. 72, n. 2, p. 165-172, 2016.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world, **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45–66, 2006.

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.

JARA, J. S.; DELGADO, J. V.; TESÉN, E. P.; PERALES, M. N.; ARIAS, C. C. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de Zea mays: uso de nematodos entomopatógenos. **Scientia Agropecuaria**, v. 4, n. 10, p. 551- 557, 2019.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 15 fevereiro 2022.

JI, Y. P.; SHI, T. Y.; ZHANG, Y. Y.; LIN, D.; LINGHU, K. G.; XU, Y. N.; TAO, L.; LU, Q.; SHEN, X. C. Essential oil from Fructus *Alpinia zerumbet* (fruit of *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt. et Smith) protected against aortic endothelial cell injury and inflammation in vitro and in vivo. **Journal of Ethnopharmacol**, v.237, p.149–158, 2019.

JIANG, Z.L.; AKHTAR, Y.; ZHANG, X.; BRADBURY, R.; ISMAN, M.B.; Insecticidal and feeding deterrent activities of essential oils in the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Applied Entomology**, v.136, p. 191-202, 2012.

JIN, M. H.; TAO, J. H.; LI, Q.; CHENG, Y.; SUN, X. X.; WU, K. M.; XIAO, Y. T. Genome editing of the SfABCC2 gene confers resistance to Cry1F toxin from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n.3, p. 815–820. 2021.

KALLESHWARASWAMY, C. M.; MARUTHI, M. S.; PAVITHRA, H. B. Biology of invasive fall army worm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize. **Indian Journal of Entomology**, v. 80, n. 3, p.540-543, 2018.

KASTEN, J. P.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 53, n. 1-2, p. 68-78, 1978.

KATHRINA, G. A.; ANTONIO, L. O. J. **Controle biológico de insetos mediante extractos botánicos**. In: CARBALL, M.; GUAHARAY, F. (Ed.). Control biologico de plagas agrícolas. Managua: CATIE, p. 137-160. (Serie Técnica. Manual Técnico/CATIE, 53). 2004.

KNAAK, N.; FIUZA, L.D. Potencial dos óleos essenciais de plantas no controle de insetos e microrganismos. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 5, n. 2, p. 120-132, 2010.

KRESS, W. J.; LIU, A. Z.; NEWMAN, M.; LI, Q. J. The molecular phylogeny of *Alpinia* (Zingiberaceae): a complex and polyphyletic genus of gingers. **American journal of botany**, v. 92, n. 1, p. 167-178, 2005.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n. 1, p. 225-242, 2014.

KUMAR, P.; MISHRA, S.; MALIK, A.; SATYA, S. Efficacy of *Mentha piperita* and *Mentha citrata* essential oils against housefly, *Musca domestica* L. **Industrial Crops and Products**, v. 39, p.106-112, 2012.

LEE, B. H.; ANNIS, P.C; TUMAALII, D.; CHOI, W.S. Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 40, n. 5, p. 553-564, 2004.

LEE, G. H.; CHOI, K. C. Adverse effects of pesticides on the functions of immune system. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v.235, p.108789, 2020.

LIMA, A. P. S.; SANTANA, E. D. R.; SANTOS, A. C. C.; SILVA, J. E.; RIBEIRO, G. T.; PINHEIRO, A. M.; SANTOS, I. T. B. F.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; BACCI, L. Insecticide activity of botanical compounds against *Spodoptera frugiperda* and selectivity to the predatory bug *Podisus nigrispinus*. **Crop Protection**, 105230, 2020.

LIMA-MENDONÇA, A.; MENDONÇA, A. D. L.; SANTANA, A. E. G.; DO NASCIMENTO, R. R. Semioquímicos de moscas das frutas do gênero *Anastrepha*. **Química Nova**, v. 37, p. 293-301, 2014.

LIRA, E. C.; BOLZAN, A.; NASCIMENTO, A. R. B.; AMARAL, F. AS; KANNO R. H; KAISER, I. S. OMOTO. C. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) to spinetoram: Inheritance and cross-resistance to spinosad. **Pest Management Science**, v. 76, p. 2674–2680, 2020.

LÓPEZ, M. D.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 2, p. 284-288, 2010.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 1087, 2001.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. de A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas**. 2 ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, p. 539, 2008.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Composição centesimal, potencial antioxidante e perfil dos ácidos graxos de sementes de jambolão (*Syzygium cumini* L.). **Revista Ciência Agronômica** v. 40, n. 2, p. 219–223, 2009.

MABBERLEY, D.J. **The plant-book. A portable dictionary of the higher plants**. Cambridge University Press: Cambridge, p.706, 1990.

MACHADO E. P.; DOS S RODRIGUES JUNIOR, G. L.; FÜHR, F. M.; ZAGO, S.L.; MARQUES, L. H.; SANTOS, A. C.; NOWATZKI, T.; DAHMER, M. L.; OMOTO, C.; BERNARDI, O. Crosscrop resistance of *Spodoptera frugiperda* selected on Bt maize to genetically modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2020.

MAHMOUD, I. I.; MARZOUK, M. S.; MOHARRAM, F. A.; EL-GINDI, M. R.; HASSAN, A. M. Acylated flavonol glycosides from *Eugenia jambolana* leaves. **Phytochemistry**, v. 58, n. 8, p. 1239-1244, 2001.

MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A. Database of the Amazon aromatic plants and their essential oils. **Química Nova**, v.32, p. 595–622, 2009.

MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A.; COUTO, H. A. R.; SILVA, A. C. M.; MARX, F.; HENKE, C. Plant sources of amazon rosewood oil. **Química Nova**, v.30, p.1906–1910, 2007.

MARQUES, C. A. **Importância Econômica da Família Lauraceae**. Floresta e Ambiente, Universidade Federal de Viçosa, v. 8, n. 1, p. 195-206, 2001.

MARTINS, J. F. da S.; ROSA, A. P. S. A. da. **Importância econômica de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) como praga do arroz no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 213). Acesso em 24 de setembro de 2021

MATOS, F. J. A. **O formulário fitoterápico do professor Dias da Rocha: Informações sobre o emprego na medicina caseira, de plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 2 ed. Fortaleza: EUFC, p. 112, 1997.

MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais: Guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: UFC Edição, 3ª ed. p.394, 2007.

MAY, P.H.; BARATA, L.E.S. Rosewood exploitation in the Brazilian Amazon: Options for sustainable production. **Economic Botany**, v.58, p. 257–265. 2004.

MIGLIATO K. F.; BABY, A. R.; ZAGUE, V.; VELASCO, M. V. R.; CORRÊA, M. A.; SACRAMENTO, L. V.; SALGADO, H. R. Ação Farmacológica de *Syzygium cumini* (L.) Skeels. **Acta Farm. Bonaerense**, n.25, p. 310-314, 2006.

MILANO, P.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R.; ODA, M. L.; CÔNSOLI, F. L. Efeito da alimentação da fase adulta na reprodução e longevidade de espécies de Noctuidae, Crambidae, Tortricidae e Elachistidae. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 172-180, 2010.

MONNERAT, R.; MARTINS, E.; MACEDO, C.; QUEIROZ, P.; PRACA, L.; SOARES, C. M.; MOREIRA, H.; GRISI, I.; SILA, J.; SOBERON, M.; BRAVO, A. Evidence of field-evolved resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt corn expressing Cry1F in Brazil that is still sensitive to modified Bt toxins. **Plos ONE**, v. 10, p. 1–12, 2015.

MONTEZANO, D. G.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; SPECHT A.; ROQUE-SPECHT, V. F.; SOUSA-SILVA, J. C.; PAULA-MORAES, S. D. HUNT, T. E. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African Entomology**, v.26, p. 286-300, 2018.

MORTON, J. F. Guava (*Psidium guajava* L.). In: **Fruits of warm climates**. Miami, FL, 356- 363, 1987.

MURAKAMI, S.; LI, W.; MATSUURA, M.; SATOU, T.; HAYASHI, S.; KOIKE, K. Composition and seasonal variation of essential oil in *Alpinia zerumbet* from Okinawa Island. **Journal of natural medicines**, v. 63, n. 2, p. 204-208, 2009.

NAGOSHI, R. N.; FLEISCHER, S. J.; MEAGHER, R. L.; HAY-ROE, M.; KHAN, A.; MURÚA, G. M; SILVIE, P.; VERGARA, C.; WESTBROOK, J. Fall armyworm migration across the Lesser Antilles and the potential for genetic exchanges between North and South American populations. **Plos One**, v. 12, n.2, p. e0171743. 2017.

NEGRINI, M.; FIDELIS, E. G.; SCHURT, D. A.; SILVA, F. D. S.; PEREIRA, R. S.; BIZZO, H. R. Insecticidal activity of essential oils in controlling fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.86, p. 1-9, e1112018, 2019.

NISHIDONO, Y.; OKADA, R.; IWAMA, Y.; OKUYAMA, T.; NISHIZAWA, M.; TANAKA, K. Anti-inflammatory kavalactones from *Alpinia zerumbet*. **Fitoterapia**, v. 140, p. 104444, 2020.

OHASHI, S. T.; ROSA, L. S. Informativo técnico de redes de sementes. **Pau Rosa**. 2004. Versão impressa ISSN 1679-6500 Versão on-line ISSN 1679-8058.

OKUMA, D. M.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R.; BERNARDI, O.; SILVA, A. P.; OMOTO, C. Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to spinosad in Brazil. **Pest Management Science**, v.74, n.6, p.1441–1448, 2018.

OLIVEIRA, L. C.; HOPKINS, M. Parkia. In: FLORA do Brasil 2020 em construção. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB83548> Acesso em 16 de fevereiro de 2022.

OLIVEIRA, M.S.S.; ROEL, A.R.; ARRUDA, E.J.; MARQUES, A.S. Efficiency of extracts of plantas in controlo of fall armyworm in corn *Spodopera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.326-331, 2007.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W.; RAMOS, A. C. C.; BRITO, D. R.; SILVA, J. B.; CAJAZEIRA, J. P. Use of Essential Oils in Agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 4, n. 2, p. 162-174, 2013.

OSAE, M. Y.; FRIMPONG, J. O.; SINTIM, J. O.; OFFEI, B. K.; MARRI, D.; OFORI, S. E. Evaluation of different rates of Ampligo insecticide against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (JE Smith); Lepidoptera: Noctuidae) in the Coastal Savannah Agroecological Zone of Ghana. **Advances in Agriculture**, p.1-14, 2022.

OSTI, S. C.; VAROLI, F. M. F.; MATUSHIMA, E. R.; BERNARDI, M. M. Comparative studies of delthametrin acute toxicity in exotic and brasilian fish. **Journal of the Brazilian Society Ecotoxicology**, v. 2, n. 2, p.101-106, 2007.

PACKIAM, S. M.; BASKAR, K.; IGNACIMUTHU, S. Feeding deterrent and growth inhibitory activities of PONNEEM, a newly developed phytopesticidal formulation against *Helicoverpa armigera* (Hubner). **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 4, p. S323-S328, 2014.

PALERMO, T. B.; CAPELLARI, L. R.; CHIAPPERO, J.; GIORDANO, W.; BANCHIO, E. Beneficial rhizobacteria inoculation on *Ocimum basilicum* reduces the growth performance and nutritional value of *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**, v. 78, n.2, p.778-784, 2022.

PATTNAIK, S.; SUBRAMANYAM, V. R.; BAPAJI, M.; KOLE, C. R. Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. **Microbios**, v.89, n.358, p. 39-46, 1997.

PAVELA, R., BENELLI, G., Essential oils as ecofriendly biopesticides? challenges and constraints. **Trends Plant Science**, v.21, n.12, p.1000-1007, 2016.

PEPATO, M. T.; MORI, D. M.; BAVIERA, A. M.; HARAMI, J. B.; VENDRAMINI, R. C.; BRUNETTI, I. L. Fruit of the *jambolan* tree (*Eugenia jambolana* Lam.) and experimental diabetes. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 96, n. 01-02, p. 43-48, 2005.

POGUE, G.M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society**, v.43, n.28, p.1-202. 2002.

- QAMAR, M.; AKHTAR, S.; ISMAIL, T.; YUAN, Y.; AHMAD, N.; TAWAB, A.; ISMAIL, A.; BARNARD, R. T.; COOPER, M. A.; BLASKOVICH, M. A.T.; ZIORA, Z. M. *Syzygium cumini* (L.), Skeels fruit extracts: In vitro and in vivo anti-inflammatory properties. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 271, p. 113805, 2021.
- QUINET, A.; BAITELLO, J. B.; MORAES, P. D.; ASSIS, L.; ALVES, F. M. Lauraceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB78444>>. Acesso em: 27 set 2022.
- RANI, L.; THAPA, K.; KANOJIA, N.; SHARMA, N.; SINGH, S.; GREWAL, A. S.; SRIVASTAV, A. L.; KAUSHAL, J. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. **Journal of Cleaner Production**, p.12465, 2021.
- REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential Oils In Insect Control: Low-Risk Products in a High-Stakes World. **Annual Review of Entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012.
- RIZZI, C., FINIZIO, A., MAGGI, V., VILLA, S. Spatial-temporal analysis and risk characterisation of pesticides in Alpine glacial streams. **Environmental Pollution**, v.248, p.659–666, 2019.
- RIZZINI, C. T; MORS, W. B.; **Botânica econômica brasileira**, 2.ed., Âmbito cultural, Rio de Janeiro, p. 56, 1995.
- ROSAS-MEJÍA, M.; CORREA-SANDOVAL, A.; VENEGAS-BARRERA, C. S.; HORTA-VEGA, J. V. Preferências entre cinco carboidratos em *Pheidole bilimeki* (Hymenoptera: Formicidae). **Acta zoológica mexicana**, v. 31, n. 2, p. 291-297, 2015.
- SANTOS, A. C. C; CRISTALDO, P. F.; ARAÚJO, A. P. A.; MELO, C. R; LIMA, A. P. S; SANTANA, E. D. R; OLIVEIRA, B. M. S; OLIVEIRA, J. W .S; VIEIRA, J. S; BLANK, A. F; BACCI, L. *Apis mellifera* (Insecta: Hymenoptera) in the target of neonicotinoids: A one-way ticket? Bioinsecticides can be an alternative. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 163, p.28-36, 2018.
- SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides - uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.
- SANTOS, A.A; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; CRUZ, G. S., DUTRA, K.A; NAVARRO, D.M.A.F.; OLIVEIRA, J.V.; LAPA-NETO, C.J.C.; BARBOSA, D.R.S.; TEIXEIRA, A.A.C. Essential oil toxicity on biological and reproductive parameters of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Erebididae). **Acta Histochemica**, v. 123, n. 4, p. 151714, 2021.
- SAROJ, A.; PRAGADHEESH, V. S.; YADAV, A.; SINGH, S. C.; SAMAD, A.; NEGI, A. S.; CHANOTIYA, C. S. Anti-phytopathogenic activity of *Syzygium cumini* essential oil, hydrocarbon fractions and its novel constituents. **Industrial Crops and Products**. V. 74, p. 327-335, 2015.

SAS INSTITUTE - SAS. SAS/STAT User`s guide, version 8.2, TS level 2MO. Cary, N.C: SAS Institute. Inc., 2001

SATYAN, R. S.; MALARVANNAN, S.; EGANATHAN, P.; RAJALAKSHMI, S.; PARIDA, A. Growth inhibitory activity of fatty acid methyl esters in the whole seed oil of *Madagascar periwinkle* (Apocyanaceae) against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of economic entomology**, v. 102, n. 3, p. 1197-1202, 2009.

SENTHILKUMAR, N.; VARMA, PUSHKALA; GURUSUBRAMANIAN, G. Larvicidal and adulticidal activities of some medicinal plants against the malarial vector, *Anopheles stephensi* (Liston). **Parasitology research**, v. 104, p. 237-244, 2009.

SEOL, G. H.; KANG, P.; LEE, H. S.; SEOL, G.H. Antioxidant activity of linalool in patients with carpal tunnel syndrome. **BMC Neurology**, v.16. n.1, 2016.

SHI, Y.; LI, L.Y.; SHAHID, S.; SMAGGHE, G.; LIU, T. X. Effect of soil moisture on pupation behavior and inhabitation of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Applied Entomology and Zoology**. v.56, n.1. p.69-74,2020

SILVA, C. T.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; CUNHA, F. M.; OLIVEIRA, J. V.; NAVARRO, D. M.; TEIXEIRA, Á. A. Biochemical parameters of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) treated with citronella oil (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) and its influence on reproduction. **Acta Histochemica**, v. 118, n. 4, p. 347-352, 2016.

SILVA, M. F. R., BEZERRA-SILVA, P. C., DE LIRA, C. S., DE LIMA ALBUQUERQUE, B. N., NETO, A. C. A., PONTUAL, E. V., MACIEL, J. R.; PAIVA, M. G.P.; NAVARRO, D. M. D. A. F. Composition and biological activities of the essential oil of *Piper corcovadensis* (Miq.) C. DC (Piperaceae). **Experimental parasitology**, v. 165, p. 64-70, 2016.

SIMAS, N.K.; LIMA, E.C.; CONCEIÇÃO, S.R.; KUSTER, R.M.; MARTINS, R.O.F. Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue: atividade larvicida de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenóides e fenilpropanóides. **Química nova**, v. 27, p. 46-49, 2004

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMAM, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia da Planta ao medicamento**. 5ª ed., Porto Alegre, Universidade, p. 1102, 2003.

SOMBRA, K. E. S.; AGUIAR, C. V. S.; OLIVEIRA, S. J.; BARBOSA, M. G.; ZOCCOLO, G. J.; PASTORI, P. L. Potential pesticide of three essential oils against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 80, p. 617-628, 2020.

SRIVASTAVA, S.; CHANDRA, D. Pharmacological potentials of *Syzygium cumini*: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 9, p. 2084-2093, 2013.

- STEPHEN, A. *Syzygium cumini* (L.) Skeels: A multipurpose tree, its phytotherapeutic and pharmacological uses. **Journal of Phytotherapy and Pharmacology**, v. 1, n. 4, p. 22-32, 2012.
- TAK, J.H., JOVEL, E.; M.B. ISMAN. Comparative and synergistic activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil constituents against the larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v.71, p.329-336, 2015.
- TAVARES, M. A.; VENDRAMIM, J. D. Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 2, p. 319-323, 2005.
- TELES, A. M.; SILVA-SILVA, J. V.; FERNANDES, J. M. P.; CALABRESE, K. DA S., ABREU-SILVA, A. L.; MARINHO, S. C.; MOUCHREK, A. N.; FILHO, V. E. M.; ALMEIDA-SOUZA, F. *Aniba rosaeodora* (Var. amazonica Ducke) essential oil: Chemical composition, antibacterial, antioxidant and antitrypanosomal activity. **Antibiotics**, v. 10, n. 1, p. 24, 2020.
- TENDENG, E.; LABOU, B.; DIATTE, M.; DJIBA, S.; DIARRA, K. The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith), a new pest of maize in Africa: Biology and first native natural enemies detected. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v.13, p. 1011–1026. 2019.
- THORMAR, H. **Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents**. John Wiley & Sons Ltd, London, p. 338, 2012.
- TOLEDO, P. F. S; FERREIRA, T. P; BASTOS, I. M. A. S; REZENDE, S. M; JUMBO, L. O. V; DIDONET, J; ANDRADE, B. S; MELO, T. S; SMAGGHE, G; OLIVEIRA, E. E; AGUIAR, R. W. S. Essential oil from *Negramina* (*Siparunag guianensis*) plants controls aphids without impairing survival and predatory abilities of non-target ladybeetles. **Environmental Pollution**. v.255, n.1, p.113153, 2019.
- TOMLINSON, P. B. Commelinales - Zingiberales. In: METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**. Oxford: Clarendon Press, p. 341-359, 1969.
- VAN DEN DOOL, H. A. N. D; KRATZ, P. D. **A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography**. 1963.
- VAN HANDEL, E. Rapid determination of glycogen and sugars in mosquitoes. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v.1, p. 299-301, 1985.
- VEBER, J.; PETRINI, L. A.; ANDRADE, L. B.; SIVIERO, J. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão (*Syzygium cumini* L.). **Revista Brasileira de plantas medicinais**, v. 17, p. 267-273, 2015.

- VEIGAS, J. M.; NARAYAN, M. S.; LAXMAN, P. M.; NEELWARNE, B. Chemical nature, stability and bioefficacies of anthocyanins from fruit peel of *Syzygium cumini* Skeels. **Food Chemistry**, v. 105, n. 2, p. 619–627, 2007.
- VIGLIANCO, A.; NOVO, R.; CRAGNOLINI, C.; NASSETTA, M.; CAVALLO, A. ANTIFEEDANT. and repellent effects of extracts of three plants from Córdoba (Argentina) against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **BioAssay**, v. 3, n. 4, p. 1-6, 2008.
- WAN, J.; HUANG, C.; LI, C. Y.; ZHOU, H. X.; REN, Y. L.; LI, Z. Y.; XING, L. S.; ZHANG, B; QIAO, X.; LIU, B.; LIU, C. H.; XI, Y.; LIU, W. X.; WANG, W. K.; QIAN, W. Q.; MCKIRDY, S.; WAN, F. H. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, p.646–663, 2021.
- WANG, Y., YOU, C. X.; YANG, K.; CHEN, R.; ZHANG, W. J.; WU, Y.; LIU, Z. L.; DU, S. S.; DENG, Z. W. Chemical constituents and insecticidal activities of the essential oil from *Alpinia blepharocalyx* rhizomes against *Lasioderma serricorne*. **Journal of the Serbian Chemical Society**, v. 80, n. 2, p. 171-178, 2015.
- WAQUIL, J. M.; VILLELA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (Bt) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, p. 1-11, 2002.
- WESTBROOK, J. K. Noctuid migration in Texas within the nocturnal aerocological boundary layer. **Integrative and Comparative Biology**. v.48, n.1, p. 99-106, 2008.
- WESTBROOK, J. K.; NAGOSHI, R. N.; MEAGHER, R. L.; FLEISCHER, S. J.; JAIRAM, S. Modeling seasonal migration of fall armyworm moths. **International Journal of Biometeorology**. v.60, n.2, p. 255- 67. 2016.
- WIESBROOK, M. L. Natural indeed: Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides? **Illinois Pesticide Review**, Urbana, v. 17, n. 3, 2004.
- WU, Y.; WANG, Y.; LI, Z. H.; WANG, C. F.; WEI, J. Y.; LI, X. L.; WANG, P. J.; ZHOU, Z. F.; DU, S. S.; HUANG, D. Y.; DENG, Z. W. Composition of the essential oil from *Alpinia galangal* rhizomes and its bioactivity on *Lasioderma serricorne*. **Bulletin of Insectology**, v. 67, n. 2, p. 247-254, 2014.
- XIN, M.T.; GUO, S. S.; ZHANG, W. J.; GENG, Z. F.; LIANG, J. Y.; DU, S. S.; DENG, Z. W.; WANG, Y. Y. Chemical constituents of supercritical extracts from *Alpinia officinarum* and the feeding deterrent activity against *Tribolium castaneum*. **Molecules**, v. 22, p. 647–659, 2017.
- XU, J.; LIU, T.; LI, Y.; LIU, W.; DING, Z.; MA, H.; SEERAM, N. P.; HUANG, X.; LI, L. Jamun (*Eugenia jambolana* Lam.) fruit extract prevents obesity by modulating the gut microbiome in high-fat-diet-fed mice. **Molecular nutrition & food research**, v. 63, n. 9, p. 1801307, 2019.

YAN, C. J.; HUA, W. S.; YU, L. Y. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oil from leaves of *Alpinia zerumbet* 'Variegata'. **Research Journal of Biotechnology**, v.9, p.50–57, 2014.

YANG, X. M.; SONG, Y. F.; SUN, X. X.; SHEN, X. J.; WU, Q. L.; ZHANG, H. W.; ZHANG, D. D.; ZHAO, S. Y.; LIANG, G. M.; WU, K. M. Population occurrence of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), in the winter season of China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 772–782, 2021.

YAZDANI, E.; SENDI, J. J.; ALIAKBAR, A.; SENTHIL-NATHAN, S. Effect of *lavandula angustifolia* essential oil against lesser mulberry pyralid *Glyphodes pyloalis* Walked (Lep: Pyralidae) and identification of its major derivatives. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 107, n. 2, p. 250-257, 2013.

YU-TAO, X. Research on the invasive pest of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China. **Journal of Integrative Agriculture**, v.20, n.3, p.633–636, 2021.

ZAHRA, M. H.; SALEM, T. A. R.; EL-AARAG, B.; YOSRI, N.; EL-GHLBAN, S.; ZAKI, K.; MAREI, A. H.; EL-WAHED, A. A.; SAEED, A.; KHATIB, A.; ALAJMI, M. F.; SHATHILI, A. M.; YU-TAO, J.; KHALIFA, S. A. M.; EL-SEEDI, H. R. *Alpinia zerumbet* (pers.): food and medicinal plant with potential in vitro and in vivo anti-cancer activities. **Molecules**, v.24, p.2495–2510, 2019.

ZHANG, D. D.; ZHAO, S. Y.; WU, Q. L.; LI, Y. Y.; WU, K. M. Cold hardiness of the invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in China. **Journal of Integrative Agriculture**, v.20, n.3, p.764–771, 2021.

ZHAO, Y.X.; HUANG, J.M.; NI, H.; GUO, D.; YANG, F.X.; WANG, X.; WU, S.F.; GAO, C.F. Susceptibility of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smmith), to eight insecticides in China, with special reference to lambda-cyhalothrin. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, P. 1–8, 2020.