

**EXTRATOS AQUOSOS DE *Simarouba versicolor* A. St. Hill. (Simaroubaceae) AFETAM A
BIOLOGIA DE *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae)**

**MATHEUS MORENO MARECO DA SILVA
NATALIA PEREIRA DE MELO**

**DOURADOS – MS
2022**

**EXTRATOS AQUOSOS DE *Simarouba versicolor* A. St. Hill. (Simaroubaceae) AFETAM A
BIOLOGIA DE *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae)**

MATHEUS MORENO MARECO DA SILVA

NATALIA PEREIRA DE MELO

Orientadora: Prof.^a Dra. Rosilda Mara Mussury Franco Silva

Coorientador: Mestre Silvana Aparecida de Souza

Coorientador: Dr. José Bruno Malaquias

Artigo entregue à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Agronomia da UFGD.

**DOURADOS – MS
2022**

EXTRATOS AQUOSOS DE *Simarouba versicolor* A. St. Hill. (Simaroubaceae) AFETAM A
BIOLOGIA DE *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae)

Por

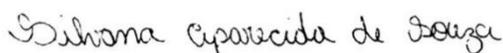
Matheus Moreno Mareco da Silva
Natalia Pereira de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO (A)

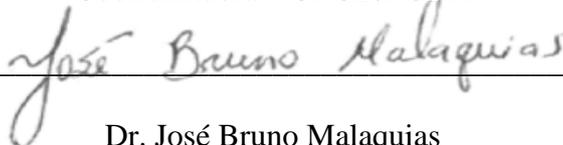
Aprovado em: 26 de outubro de 2022.



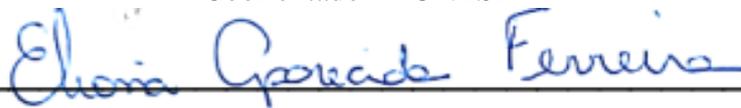
Prof. Dr. Rosilda Mara Mussury Franco Silva
Orientador – UFGD/FCBA



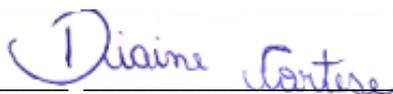
Doutoranda Silvana Aparecida de Souza
Coorientadora – UFGD/FCBA



Dr. José Bruno Malaquias
Coorientador – UNEŠP



Dr. Eliana Aparecida Ferreira
Membro da banca – UFGD/FCBA



Doutoranda Diaine Cortese
Membro da banca – UFGD/FCA

DA SILVA, Matheus Moreno.; DE MELO, Natália Pereira. **EXTRATOS AQUOSOS DE *Simarouba versicolor* A. St. Hill. (Simaroubaceae) AFETAM A BIOLOGIA DE *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae).** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.

RESUMO

A *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) conhecida popularmente como lagarta-do-cartucho-do-milho, é a principal praga da cultura do milho, causando perdas no rendimento de grãos que podem chegar até 25% de dano econômico. A espécie não se destaca somente pela capacidade de danos causados, mas também por apresentar alto grau de resistência a inseticidas sintéticos. Atualmente, o controle químico é o principal método de controle de *S. frugiperda*, entretanto, já foram registrados no país, casos de populações resistentes aos principais grupos químicos, fazendo-se necessário a introdução de métodos alternativos de controle da praga. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial inseticida de *Simarouba versicolor* A. St Hill (Simaroubaceae) em lagartas de *Spodoptera frugiperda*. Para o preparo dos extratos aquosos de *S. versicolor* (EASv), foi utilizada a relação peso/volume. Sendo assim, foram pesados, em balança analítica 3g, 1,5g, 0,3g do pó das folhas de *S. versicolor* e colocados separadamente em Becker's contendo 30 ml de água estilada cada um, obtendo assim uma concentração final de 10%, 5% e 1% respectivamente. Após 24 horas, os extratos foram filtrados com papel filtro, para que pudessem ser utilizados. Em seguida, Cubos de dieta artificial e folhas de milho foram mergulhados no extrato aquoso de *S. versicolor* e fornecidos para lagartas de *S. frugiperda*. Os cubos de dieta e as folhas de milho contendo extrato aquoso de *S. versicolor*, foram trocados diariamente até completo desenvolvimento larval ou morte das lagartas. As pupas com 24 horas de idade, foram pesadas em balança analítica, sexadas e transferidas para copos plásticos de 50 ml com tampa. Após a emergência, foram formados, por tratamento, casais com a mesma idade, sendo estes, confinados em gaiolas confeccionadas com potes plásticos revestidos internamente com papel sulfite, para servir como substrato de oviposição. Foram utilizados 4 tratamentos, com 10 repetições e 5 subamostras cada. No experimento com dieta artificial, o extrato aquoso de *S. versicolor* se mostrou eficiente no controle de *S. frugiperda*, causando mortalidade total das lagartas nas concentrações a 5% e 10% e afetando o desenvolvimento das fases larval, pupal e adulta na concentração a 1%. No experimento utilizando folhas de milho o extrato aquoso de *S. versicolor* afetou a fase larval de *S. frugiperda* causando 100% de mortalidade em todas as concentrações utilizadas. Conclui-se que extrato aquoso de *Simarouba versicolor* nas concentrações de 1%, 5% e

10%, foram eficientes no controle da fase larval de *Spodoptera frugiperda*, ocorrendo em 100% de mortalidade. Além disso, dentre as concentrações testadas, destaca-se a de 1% no experimento utilizando folhas milho, visto que, possui a mesma porcentagem de mortalidade que o extrato a 5% e 10%, mas em uma menor dose, possibilitando economia de material durante o preparo da dose.

Súmario

1 Introdução.....	7
2 Material e métodos.....	9
2.1 Criação e obtenção de <i>S. frugiperda</i>.....	9
2.2 Material botânico.....	9
2.3 Preparo dos extratos aquosos de <i>S. versicolor</i>.....	10
2.4 Efeito do extrato aquoso de <i>S. versicolor</i> no ciclo de vida de <i>S. frugiperda</i> alimentadas com dieta artificial.....	11
2.5 Avaliação do ciclo de vida de <i>S. frugiperda</i> alimentadas com folhas de milho tratadas com extrato aquoso de <i>S. versicolor</i>.....	13
2.6 Análise estatística.....	13
3. Resultados	14
3.1 Efeito do extrato aquoso de <i>S. versicolor</i> no ciclo de vida de <i>S. frugiperda</i> alimentadas com dieta artificial.....	14
3.2 Ciclo de vida de <i>S. frugiperda</i> alimentada com dieta artificial contendo extrato aquoso de <i>S. versicolor</i>.....	18
4. Discussão.....	20
5. Conclusão.....	23
6. Agradecimentos.....	23
7. Referências.....	24

1. Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L. (Poaceae) é uma das mais cultivadas no Brasil sendo a terceira maior produção do mundo com aproximadamente 101 milhões de toneladas (USDA, 2020) caracterizando o país como o segundo maior exportador do mundo (CONAB, 2019a). Além disso, a cultura ocupa uma posição de destaque no cenário agrícola brasileiro dada a quantidade de área plantada e o baixo custo de produção (CRUZ et al, 2011).

Durante a safra, diversos fatores bióticos ou abióticos podem comprometer a produtividade da cultura, sendo que, dentre estes fatores, destaca-se a ocorrência de pragas (BARROS, 2012). A *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) conhecida popularmente como lagarta-do-cartucho-do-milho, é a principal praga da cultura, causando perdas no rendimento de grãos podendo chegar em até 25% de dano econômico (CAMPOS et al., 2014).

Além disso, a *S. frugiperda* apresenta alto grau de resistência a inseticidas, o que dificulta o controle durante a safra (GRIGOLLI,2017). Somado a isso, a utilização inadequada dos métodos de controle disponíveis, associados a biologia da espécie como ciclo biológico curto e alta capacidade de reprodução, contribuem constantemente para a evolução da resistência da espécie (GALLO et al., 2002)

Atualmente, o controle químico é o principal método de controle de *S. frugiperda*, sendo que, no Brasil existem, atualmente, 230 inseticidas registrados para o controle desta lagarta (AGROFIT, 2021). Entretanto, já foram registrados no país, casos de populações resistentes aos principais grupos químicos, como, lambdacialotrina, clorpirifós, teflubenzuron e lufenuron (OMOTO, 2020). Portanto, faz-se necessário a introdução de métodos alternativos de controle em programas de manejo integrado para *S. frugiperda*, como por exemplo, o uso de inseticidas botânicos. (SOUSA NETO et al., 2018).

Um dos principais motivadores da pesquisa inseticidas botânicos é o reconhecimento de que os produtos naturais podem muitas vezes oferecer vantagens significativas sobre os inseticidas sintéticos, por geralmente apresentarem um amplo espectro de controle de pragas, rápida degradação e baixo impacto ambiental (AGUIAR-MENEZES, 2005; BÉLO, et al., 2009; UPADHYAY, 2012; SOUSA NETO et al., 2018). Além disso, os inseticidas botânicos destacam-se também, por apresentarem variados efeitos sobre o inseto, podendo atuar como substâncias repelentes, inibidoras de alimentação, e crescimento (SOUSA NETO et al., 2018).

O efeito inseticida de algumas plantas está relacionado a presença de metabólitos secundários na fisiologia da planta (ROHDE et al., 2013) que são responsáveis, muitas vezes, por

garantir a defesa de plantas contra o ataque de insetos pragas (MACÍAS et al., 2007), como alcaloides, flavonoides, terpenos, esteroides, rutina, quercetina, entre outros (KUBO & HANKE 1986; GAZZONI,1997). A rutina e quercetina podem causar aumento da duração larval e mortalidade do inseto (GAZZONI,1997), já os flavonoides são deterrentes alimentares para os insetos herbívoros, inclusive em concentrações relativamente baixas (HARBORNE & GRAYER, 1993), os alcaloides repelem os insetos por toxicidade direta, mas raramente causam sua morte (MELLO & SILVA-FILHO, 2002; RATTAN, 2010), já os terpenos podem ocasionar inibição ou retardamento de crescimento, problemas na maturação, redução na reprodução e causar a morte do inseto por toxidade ou inanição (VIEGAS JUNIOR, 2003).

A família Simaroubaceae é composta por 32 gêneros e mais de 170 espécies (SARAIVA et al., 2006), sendo que, no Brasil a família encontra-se distribuída em 6 gêneros, sendo estes: *Simaba* e *Simarouba*, distribuídas por todo o país; *Castela* e *Picrasma*, na região Sul; *Quassia* e *Picrolemma*, na região Amazônica (ALMEIDA et al., 2007).

Uma das características mais importantes da família Simaroubaceae é a ampla gama de moléculas com propriedades químicas e farmacêuticas, como: alcaloides, quassinoides, triterpenos, flavonoides e outros compostos (BARBOSA et al., 2011). Entretanto, mesmo com compostos únicos, muitas plantas da família ainda não foram amplamente estudadas ou permanecem inexploradas (ALVES et al., 2014), o que abre uma lacuna de conhecimento para ser explorada.

O gênero *Simarouba* é composto por 6 espécies, mas apenas duas possuem ocorrência no Brasil, sendo estas *Simarouba versicolor* A. St. Hill e *Simarouba aubl* (PIRANI & THOMAS, 2015). Conhecida regionalmente como pau-paraíba ou mata cachorro a *S. versicolor* pode ser encontrada em variás regiões do Mato Grosso do Sul chegando a medir cerca de 3 a 4 metros de altura (CARVALHO et al., 2013). Até o presente estudo, a ação inseticida de *S. versicolor* em *S. frugiperda*, foi relatada apenas por Lima et al. (2020). Entretanto, até o momento, estudos utilizando extrato aquoso de *S. versicolor* para controle de *S. frugiperda* não foram relatados por outros autores.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial inseticida de *Simarouba versicolor* A. St Hill (Simaroubacea) em *Spodoptera frugiperda* alimentada com dieta artificial e folha de milho contendo extrato aquoso de *Simarouba versicolor*.

2. Material e métodos

2.1. Criação e obtenção de *S. frugiperda*

Para obtenção das lagartas, foi iniciada, no laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) uma criação estoque em dieta artificial adaptada de GREENE et al (1976) a partir de ovos de *S. frugiperda* que foram cedidos pelo laboratório de Análises de Monitoramento de Insetos, ambos localizados na Universidade Federal da Grande Dourados. Os insetos foram mantidos em ambiente climatizado com temperatura ajustada em $25 \pm 2^\circ \text{C}$ e umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ com fotoperíodo de 12 horas.

Inicialmente, os ovos foram dispostos em potes plásticos de 250 ml contendo dieta artificial. Após a eclosão dos ovos, as larvas permaneceram no pote até atingirem o 3º instar, sendo então, individualizadas em potes plásticos de 50ml (5,5 cm de altura x 5 cm de diâmetro) até finalizarem o período larval (figura 1). A manutenção da criação foi realizada três vezes por semana.

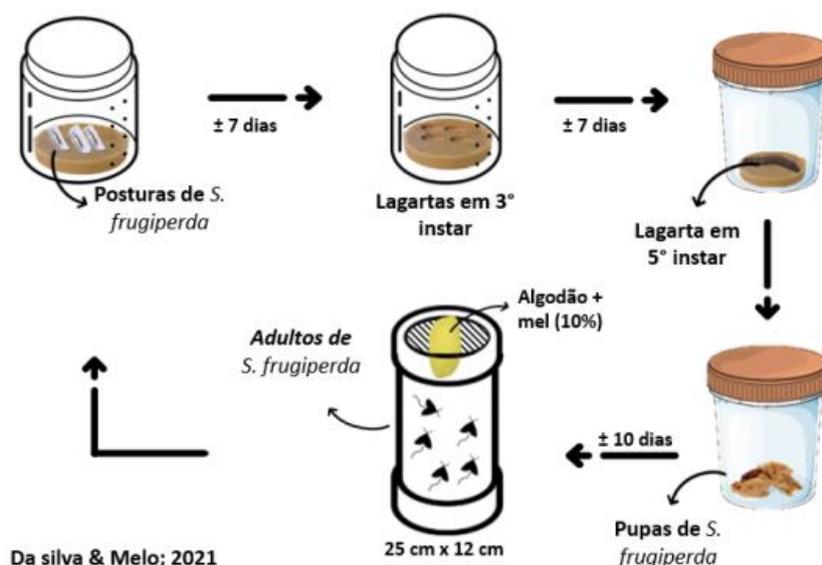


Figura 1. Esquema representativo da criação de *S. frugiperda* em dieta artificial.

As pupas foram sexadas e separadas em 15 casais. Posteriormente os casais foram colocados em gaiolas de PVC (25 cm de altura x 12 cm de diâmetro), revestidas internamente com papel sulfite para a oviposição (figura 1). As posturas foram retiradas a cada dois dias, após o início da oviposição, e transferidas para potes de 250 ml contendo dieta artificial. As mariposas, foram alimentadas com algodão umedecidos em solução de mel na concentração de 10%.

2.2. Material botânico

Folhas sadias e totalmente expandidas de *S. versicolor* foram coletadas no sítio Pousada das Abelhas (lote 156), situado no distrito de Anhanduí, município de Campo Grande – MS (21°13'28" S, 54°11'28" W e 437 m de altitude), no período matutino, entre os meses de agosto a setembro de 2020.

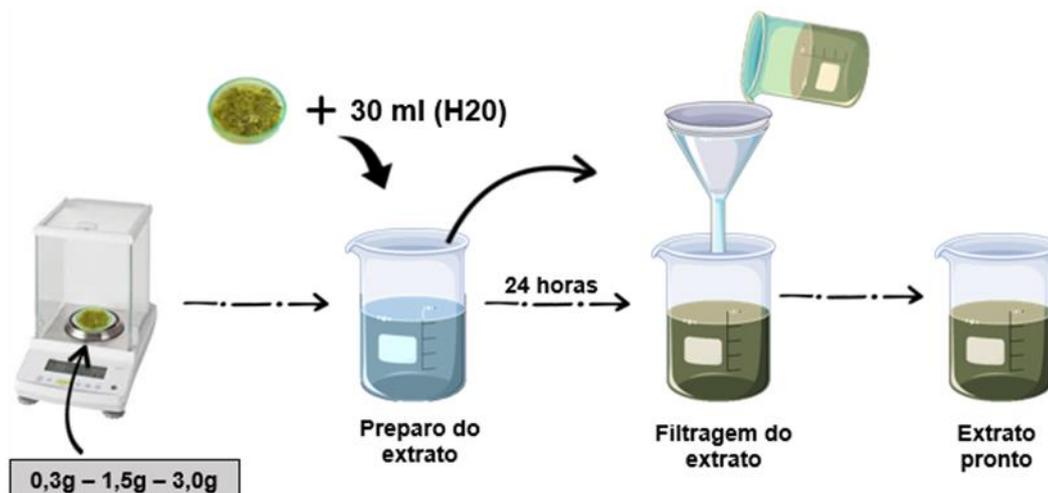
A espécie foi identificada por um especialista e a exsicata foi depositada no herbário localizado na Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da UFGD sob a numeração: DDMS 6481.

2.3. Preparo dos extratos aquosos de *S. versicolor*.

Folhas de *S. versicolor* foram higienizadas no laboratório de Interação Inseto-Planta e posteriormente postas para secar em estufa de circulação forçada de ar por 3 dias (72 horas) na temperatura máxima de $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Após esse período, as folhas foram trituradas em moinho industrial localizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários – FCA da Universidade Federal da Grande Dourados. O pó resultante, foi armazenado em local protegido da luminosidade e sob temperatura ambiente.

Para o preparo dos extratos aquosos de *S. versicolor* (EASv), foi utilizado a relação peso/volume. Sendo assim, foram pesados, em balança analítica (Bel®), 3g, 1,5g, 0,3g do pó das folhas de *S. versicolor* e colocados separadamente em Becker's contendo 30 ml de água estilada cada um, obtendo assim uma concentração final de 10%, 5% e 1% respectivamente (figura 2). Após 24 horas, os extratos foram filtrados com papel filtro, para que pudessem ser fornecidos as lagartas por meio de dieta artificial e dieta natural com folha de milho.



Da silva & Melo, 2021

Figura 2. Esquema representativo da preparação do extrato de *S. versicolor*.

2.4. Efeito do extrato aquoso de *S. versicolor* no ciclo de vida de *S. frugiperda* alimentadas com dieta artificial.

O experimento foi realizado no laboratório de Interação Inseto-Planta, em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas.

A dieta utilizada, foi adaptada com base em GREENE et al. (1976). Cubos de 1cm^3 de dieta artificial foram cortados, com auxílio de um cortador metálico, e mergulhados em extrato aquoso de *S. versicolor* à 10%, 5% e 11% de concentração por 30 segundos (figura 3). Em seguida, visando eliminar o excesso de umidade, foram postos para secar em temperatura ambiente sobre papel toalha.

Inicialmente, foram inoculadas, 3 lagartas neonatas de *S. frugiperda* em potes plásticos (5,5 cm x 6,0 cm) contendo um cubo de dieta tratado com o extrato aquoso de *Simarouba versicolor* EASv (figura 3). O controle, foi composto, por cubos de dieta imergidos em água destilada. Após sete dias, duas lagartas foram retiradas do pote, para impedir o canibalismo entre os indivíduos (figura 3). As avaliações e a troca do cubo de dieta, foram realizadas, diariamente, até o completo desenvolvimento larval ou morte das lagartas.

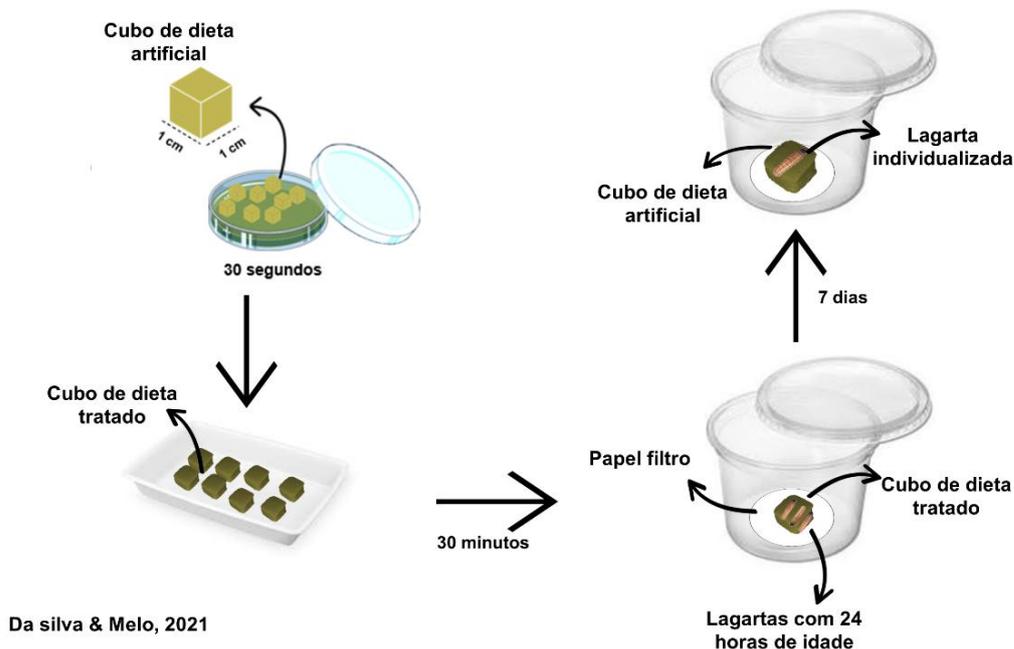


Figura 3. Esquema metodológico utilizado para avaliar mortalidade e duração larval de *S. frugiperda* quando em contato com extratos aquosos de *S. versicolor* em condições de laboratório à $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa $70 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas.

As pupas com 24 horas de idade, foram pesadas em balança analítica e sexadas com base na metodologia desenvolvida por BUTT & CANTU (1962). Após a pesagem, foram transferidas individualmente para copos plásticos de 50 ml, forradas ao fundo com algodão umedecido em água destilada.

Após a emergência, foram formados, por tratamento, casais com a mesma idade, sendo estes, confinados em gaiolas confeccionadas com potes plásticos revestidos internamente com papel sulfite, para servir como substrato de oviposição. As posturas de cada fêmea, foram coletadas e transferidas para placas de Petri fechadas com papel filme.

As mariposas, foram alimentadas com algodão umedecidos em solução de mel a 10% de concentração. A contagem dos ovos foi realizada com o auxílio de uma lupa eletrônica (ultralyt M-51000)® e a determinação da sobrevivência dos ovos, se estendeu por 3 dias após o início da eclosão.

Foram avaliados os seguintes parâmetros referentes a biologia de *S. frugiperda*: duração larval, mortalidade larval, biomassa de pupas com 24 horas de idade, sobrevivência pupal, período

de pré-oviposição (período entre o contato com o macho e início da oviposição), período de oviposição, fecundidade, sobrevivência dos ovos e longevidade dos adultos.

2.5. Avaliação do ciclo de vida de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com extrato aquoso de *S. versicolor*

O experimento foi realizado no laboratório de Interação Inseto-Planta, em sala climatizada sob temperatura constante de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas. O milho foi cultivado em vasos alocados em casa de vegetação no horto de plantas medicinais da Universidade Federal da Grande Dourados, em temperatura ambiente. O milho foi irrigado três vezes por semana.

Folhas de milho (Variedade Ag1051®) entre o estágio v3 e v5 foram imersas em hipoclorito de sódio a 1% durante 15 minutos para desinfecção, posteriormente foram lavadas em água corrente e secas com papel toalha, sendo então, recortadas em tamanho médio de 5x5 cm. Assim como no experimento com dieta artificial (figura3), as folhas foram mergulhadas nos extratos aquosos a 1%, 5% e 10% de concentração e colocadas para secar em temperatura ambiente.

Posteriormente, foram inoculadas 3 lagartas neonatas em potes plásticos (7,5 cm x 4,5 cm) contendo uma folha de milho tratada com extrato aquoso (Figura 4). Após sete dias, dado o comportamento canibal da espécie, duas lagartas foram retiradas do pote. A troca das folhas foi realizada diariamente até o completo desenvolvimento larval ou morte das lagartas. O controle foi composto por folhas de milho embebidas em água destilada.



Figura 4. Disposição dos potes em delineamento inteiramente casualizado durante a fase imatura de *S. frugiperda*.

*R = repetição; S = subamostra.

2.6. Análise estatística

O experimento foi realizado em DIC (delineamento inteiramente casualizado), com 10 repetições e 5 subamostras (Figura 4). Na fase adulta, foram montadas 10 gaiolas para o controle e

8 gaiolas para o EASv a 1%, cada uma contendo um casal. Os dados inicialmente foram submetidos ao teste **Shapiro-Wilk** e **Levene**, para análise de normalidade e homogeneidade.

Após à análise de normalidade, por apresentaram distribuição anormal, os dados referentes à duração larval, mortalidade larval, duração pupal, sobrevivência pupal e período de pré-oviposição, e sobrevivência dos ovos, foram transformados em **raiz** ($x + 0,5$). Os dados referentes a fase larval foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) com correção de Bonferroni para $\alpha = 0,0125$ ($0,05/4$ tratamentos). Para a fase pupal e adulta, os resultados foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste T. Todas as análises foram realizadas no programa **SAS 9.0**. Para os dados transformados, foram utilizados os intervalos de confiança em substituição ao erro padrão.

3. Resultados

3.1. Ciclo de vida de *S. frugiperda* alimentada com dieta artificial contendo extrato aquoso de *S. versicolor*.

Em relação a fase larval, os extratos aquosos de *S. versicolor* demonstraram efeito significativo tanto na duração quanto na porcentagem de mortalidade (tabela 1).

Na duração larval, nota-se que, quando comparadas com o controle, apenas a média do EASv a 1% apresentou diferença estatística ($F=67,73$; $p= 0,0001$) (tabela 1), com duração equivalente, em média, a 7,56 dias a mais, quando comparada ao controle, o que representa uma duração 48% maior. Os EASv a 10% e 5% não diferiram do controle.

Tabela 1. Duração (dias) e mortalidade larval (%) de *Spodoptera frugiperda* tratadas com dieta artificial contendo diferentes concentrações do extrato aquoso de *Simarouba versicolor* ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70\% \pm 5\%$ UR, 12h fotofase).

Tratamentos	Duração larval (Dias)	Mortalidade larval (%)
Controle	15,58 (15,04-16,11) b n=50	8 (-2,00 – 18,00) b n=50
EASv 10%	13,84 (12,48-15,19) b n=50	100 a n=50
EASv 5%	15,28 (14,10-16,45) b n=50	100 a n=50
EASv 1%	23,14 (22,01- 24,26) a n=50	20 (6,5 – 33,00) b n=50
Valor de F	F=67,73 P= 0,0001 GL= 3	F=63,70 P= 0,0001 GL= 3
C.V (%)	4,44	25,29

*Médias seguidas por letras distintas e seus respectivos intervalos de confiança, diferem entre si ao nível de significância $\alpha=0,0125$ quando comparadas entre si pelo teste tukey. *CV: Coeficiente de variação. *EASv: Extrato aquoso de *S. versicolor*

Por outro lado, os EASv a 10% e 5% foram os extratos que apresentaram maior mortalidade (tabela 1), diferindo estatisticamente ($F= 63,70$; $p=0,0001$) tanto o controle quanto do EASv a 1%. Além disso, nota-se que a diferença de mortalidade entre o controle e as concentrações de 5% e 10% foi de 92%, o que corresponde uma diferença de 92 lagartas.

Além disso, observamos nas lagartas tratadas com EASv à 5% e 10%, sintomas de paralisia no corpo e abdômen recurvado com coloração escura (figura 5). Na figura 5.A é possível observar uma lagarta alimentada com dieta artificial contendo água, enquanto que na figura 5.B e 5.C são demonstradas lagartas alimentadas com dieta artificial contendo extrato aquoso de *S. versicolor* à 5% e 10% respectivamente.

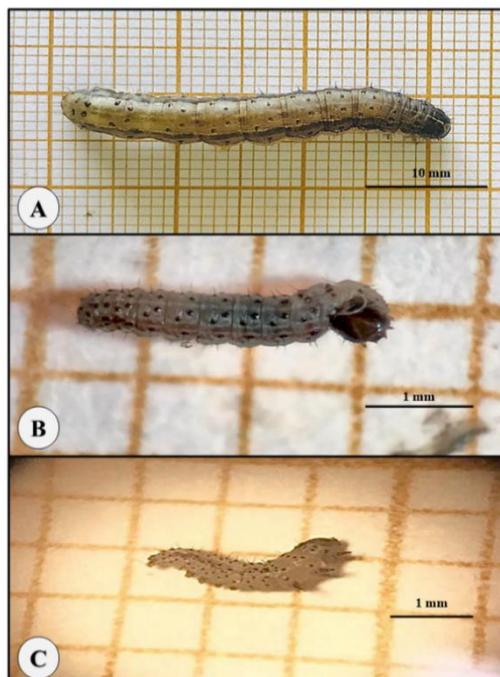


Figura 5. **A)** larva de *Spodoptera frugiperda* aos 12 dias após a eclosão, alimentada com dieta artificial contendo água destilada.; **B)** Larva de *Spodoptera frugiperda* aos 12 dias após a eclosão, alimentada com dieta artificial contendo EASv a 5%.; **C)** Larva de *Spodoptera frugiperda* aos 12 dias após a eclosão, alimentada com dieta artificial contendo EASv a 10%..

É importante ressaltar que as fotos foram registradas após 12 dias do início do experimento, sendo que as lagartas tinham a mesma idade em todas as fotos. Sendo assim, é possível observar o subdesenvolvimento das lagartas, visto que as lagartas do controle apresentavam cerca de 3 cm de comprimento, enquanto que as lagartas alimentadas com dieta artificial contendo extrato aquoso de *S. versicolor* estavam com cerca de 4mm de comprimento.

Na fase pupal do experimento com dieta artificial, foi observada diferença estatística em todos os parâmetros avaliados (tabela 2). Em relação a biomassa pupal ($F= 96,51$; $p= 0,0001$), o EASv a 1% apresentou, em média, 0,07g a menos que o controle, o que representa uma redução de 46% no peso médio das pupas.

Tabela 2. Biomassa (g), duração (dias) e sobrevivência pupal (%) de *S. frugiperda* tratadas com dieta artificial contendo diferentes concentrações do extrato aquoso de *Simarouba versicolor* ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70\% \pm 5\%$ UR, 12h fotofase).

Tratamento	Biomassa pupal (g)	Duração pupal (dias)	Sobrevivência pupal (%)
Controle	$0,22 \pm 0,003$ a n=46	10,24 (10,024-10,46) a n=46	100 a n= 46
<u>EASv</u> 1%	$0,15g \pm 0,006$ b n= 40	7,22 (5,28-9,17) b n= 40	73,33 (54,43-92,23) b n=40
Valor de F	F= 96,51 P= 0,0001 GL=1	F= 10,25 P= 0,0049 GL=1	F= 9,42 P= 0,0066 GL= 1
C.V (%)	8,47	12,65	12,38

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si ao nível de significância $\alpha=0,05$ quando comparadas entre si pelo teste T. *CV: Coeficiente de variação. *EASv: Extrato aquoso de *S. versicolor*.

Na duração pupal o tratamento com EASv a 1% diferiu estatisticamente do controle ($F=10,25$, $p=0,0049$)(tabela 2). A duração média das pupas do EASv a 1% foi 30% menor que as pupas do controle, representando assim, uma duração com média de 3,02 dias a menos que o controle.

O EASv à 1% apresentou uma menor taxa de sobrevivência das pupas ($F= 9,42$; $p= 0,0066$) (Tabela 2), ou seja, enquanto o controle obteve 100% de emergência dos adultos, o EASv à 1% apresentou apenas 73,33%, o que representa, uma redução de 26,7% no número de adultos emergidos.

Na fase adulta do experimento com dieta artificial (tabela 3), foi observada diferença estatística apenas para a média da fecundidade ($F= 7,56$; $p= 0,0142$), sendo que o EASv à 1% apresentou uma redução de aproximadamente 39% no número de ovos. Os demais parâmetros da fase adulta não diferiram estatisticamente do controle.

Tabela 3. Longevidade de machos e fêmeas (dias), período de pré-oviposição (dias), fecundidade, sobrevivência dos ovos (%), oviposição (dias) de adultos de *S. frugiperda* tratados com extrato aquoso contendo diferentes concentrações do extrato aquoso de *S. versicolor* ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70\% \pm 5\%$ UR, 12h fotofase).

Tratamento	Longevidade de machos (dias)	Longevidade de fêmeas (dias)	Pré-oviposição (dias)	Fecundidade (Nº de ovos)	Sobrevivência de ovos (%)	Oviposição (dias)
Controle	12,00± 0,82 a n=10	12,8 ±1,15 a n=10	3,5(2,65-4,34) a n=10	1208±84,95 a n=10	78,98 (58,1-99,8) a n=10	9,3±1,14 a n=10
EASv 1%	12,37 ±0,46 a n=8	8,75 ± 1,68 a n=8	3,25(2,38-4,11) a n=8	740,37±158,73 b n=8	68,92 (42,0-95,78) a n=8	5,75±1,4 a n=8
Valor de F	F=0,14 P=0,7178 GL=1	F= 4,18 P= 0,0577 GL=1	F=0,20 P= 0,6617 GL=1	F=7,56 P= 0,0142 GL= 1	F= 0,57 P= 0,46 GL=1	F=3,87 P= 0,668 GL= 1
C.V (%)	17,66	37,96	14,50	35,87	29,77	49,26

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si ao nível de significância $\alpha=0,05$ quando comparadas entre si pelo teste T. *CV: Coeficiente de variação. *EASv: Extrato aquoso de *S. versicolor*.

3.2. Duração e mortalidade larval de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de milho contendo extrato aquoso de *S. versicolor*

Os extratos aquosos de *S. versicolor* apresentaram efeito significativo tanto na duração larval quanto na porcentagem de mortalidade (tabela 4).

Tabela 4. Duração (dias) e mortalidade larval (%) de *Spodoptera frugiperda* tratadas com folhas de milho mergulhadas em diferentes concentrações do extrato aquoso de *Simarouba versicolor* ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70\% \pm 5\%$ UR, 12h fotofase).

Tratamentos	Duração larval (Dias)	Mortalidade larval (%)
Controle	25,64 (22,41-22,86) a n=50	0 b n=50
EASv 10%	3,52 (3,27-3,76) d n=50	100 a n=50
EASv 5%	4,92 (4,51-5,32) c n=50	100 a n=50
EASv 1%	5,26 (4,88 – 5,63) b n=50	100 a n=50
Valor de F	F=1561,75 P= 0,0001 GL= 3	F=5,08 ¹⁵ P= 0,0001 GL= 3
C.V (%)	8,10	0

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si ao nível de significância $\alpha=0,0125$ quando comparadas entre si pelo teste Tukey. *CV: Coeficiente de variação. *EASv: Extrato aquoso de *S. versicolor*.

Em relação a duração larval ($F=1561,75$; $p = 0,0001$), percebe-se que houve diferença estatística entre todos os tratamentos, sendo que o EASv 10% foi o que apresentou menor duração larval, com uma diferença de 22,12 dias quando comparado ao controle. Na mortalidade larval ($F=5,08^{15}$; $p = 0,0001$), houve diferença estatística apenas quando as médias foram comparadas com controle, visto que todos os extratos apresentaram 100% de mortalidade, não havendo diferença estatística entre os extratos.

Vale também ressaltar que foram observados os mesmos sintomas de paralisia no corpo e abdômen recurvado com coloração escura, nas lagartas alimentadas com folha de milho contendo extrato aquoso de *S. versicolor*. Na imagem é possível perceber que as lagartas estão com sintomas de subdesenvolvimento com aparência pútrida (figura 6).



Figura 6. A) larva de *Spodoptera frugiperda* alimentando com folha de milho tratada com EASv a 1%.; B) Larva de *Spodoptera frugiperda* alimentada com folha de milho tratada com EASv a 5%.; C) Larva de *Spodoptera frugiperda* alimentada com folha de milho tratada com EASv a 10%.

Não foi possível avaliar o ciclo de vida de *S. frugiperda*, visto que foi observada 100% de mortalidade das lagartas nas concentrações utilizadas, o que impediu de dar continuidade no experimento.

Apesar de ter sido utilizado as mesmas concentrações nos experimentos, foi possível observar diferenças na fase larval de *S. frugiperda* quando analisado os resultados das diferentes dietas. No experimento com dieta artificial quando utilizada a concentração a 1%, foi observado aumento da duração da fase larval e 20% de mortalidade. Enquanto que no experimento com folhas de milho, a mesma concentração demonstrou uma duração larval com diferença de 17 dias e também 100% de mortalidade.

4. Discussão

Nos dois experimentos a duração larval diminui em relação ao aumento da concentração do extrato vegetal de *S. versicolor*. Ou seja, as concentrações maiores foram as que apresentaram a menor duração larval. Nota-se também que no experimento com milho obteve-se mortalidade em todos os tratamentos e na dieta teve um aumento crescente conforme a concentração. Além disso, no experimento com dieta artificial os únicos parâmetros que apresentaram diferença estatística foram a biomassa pupal, a sobrevivência e a fecundidade.

Apesar de ter sido utilizado as mesmas concentrações nos experimentos, foi possível observar diferenças na fase larval de *S. frugiperda* quando analisado os resultados das diferentes dietas. No experimento com dieta artificial quando utilizada a concentração a 1%, foi observado aumento da duração da fase larval e baixa taxa de mortalidade. Enquanto que no experimento com folhas de milho, a mesma concentração demonstrou uma duração larval menor e também alta taxa de mortalidade.

De acordo com ROEL & VENDRAMIN (1999), os inseticidas botânicos, possuem efeito pós-ingestão, ou seja, é necessário que o inseto se alimente da superfície tratada para que ocorra a interferência em algumas funções vitais do inseto como, conversão de alimento em biomassa, reprodução e crescimento. Sendo assim, a alteração nos parâmetros biológicos da fase larval nos experimentos, podem indicar um possível efeito de ingestão do extrato aquoso de *S. versicolor*, visto que houve mortalidade dos indivíduos na fase larval nos dois experimentos realizados.

Acreditamos que o aumento na duração no período larval observada no experimento utilizando dieta artificial, caracteriza-se pela ação de substâncias tóxicas presentes no extrato aquoso de *S. versicolor* culminando na redução da alimentação das larvas, dada a inadequação nutricional da dieta pós exposição ao extrato. Tal fato, pode ser caracterizado pela presença de metabolitos secundários como alcaloides e flavonoides encontrados nas plantas da família Simaroubaceae (ALVES et al., 2014).

Convém lembrar ainda que, o aumento da fase larval não é sinônimo de maior dano por área foliar, dado que o atraso no desenvolvimento do inseto pode ser devido à baixa eficiência de conversão alimentar, causada pela ação tóxica de alguns metabólitos secundários presentes no extrato aquoso (RODRÍGUES & VENDRAMIN, 1996). Os alcaloides e flavonoides, destacam-se como metabólitos secundários atuantes na defesa de plantas contra o ataque de pragas, sendo importantes na inibição da alimentação e do crescimento (GORDON-WEEKS & PICKETT, 2009; REZENDE ET AL., 2016).

Em estudos anteriores, FARIAS et al., (2019) observaram um aumento na duração da fase larval de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) exposta a formulação do produto Nim-I-go® (18,7 dias), quando comparada com Emulzinim® (15,43 dias) e o controle negativo (15,78 dias). Os autores afirmam que tal prolongamento, se deve ao efeito do nim na alimentação das larvas, o que reduz a taxa de acúmulo para a ecdise.

Em relação a mortalidade larval, observa-se que nos dois experimentos, a ação dos extratos pode estar correlacionada com a baixa ingestão de alimento em detrimento da elevada toxicidade do extrato, ocasionando assim, a morte por inanição das larvas. Com base em ISMAN (2001), exposições contínuas de insetos a substâncias tóxicas podem reduzir a alimentação devido a toxicidade na pós-ingestão da superfície tratada, afetando, por consequência, a fisiologia do inseto.

As plantas da família Simaroubaceae são conhecidas por possuírem alta concentração de quassinoides, que são triterpenos degradados com potencial inseticida (DAIDO et al.1993; EVANS ET AL., 1999). Os quassinoides possuem ação de contato e ingestão, podendo atuar como substâncias inibidoras do apetite (MANCEBO ET AL., 2000; ALMEIDA et al., 2007). De acordo com CURCINO et al., (2006) os triterpenos, são terpenos com uma alta gama de atividades biológicas relatadas, apresentando ação fagoinibidora e inibidora do crescimento (VEIRA et al., 2007; FELIPE & BICAS, 2017).

Além disso, nos experimentos realizados, os dados mostraram que a mortalidade larval aumenta em conjunto com o aumento da concentração do extrato. Resultados semelhantes foram encontrados por SAKDZO et al., (2020), que testaram o efeito inseticida do extrato aquoso de *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) em diferentes concentrações (25%, 33,33%, 41,67% e 50%), sobre a biologia de *S. frugiperda*. Os autores demonstraram que a mortalidade variou de acordo com a concentração, sendo que a menor concentração obteve a menor taxa de mortalidade, enquanto que a maior concentração apresentou maior porcentagem de larvas mortas.

Neste estudo, hipotetizamos que as moléculas presentes no extrato podem ter afetado o sistema neuroendócrino das larvas, ocasionando atraso nos processos de ecdise na menor concentração e subdesenvolvimento seguido de morte, dada a presença de substâncias fagoinibidoras no extrato como os quassinoides. Além disso, podem ter agido sobre o sistema neurosecretor do inseto, de modo a bloquear glândulas protorácicas e hormônios peptídicos, influenciando na formação cutícula, o que pode ter causado metamorfose pupal incompleta para os adultos, ocorrendo em mortalidade (SAPINDAL et al., 2017).

GOÉS et al (2003)., observaram que lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com extrato de *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) não realizavam a ecdise em virtude de não conseguirem completar a troca do exoesqueleto, atribuindo a isso, a alteração no hormônio da ecdise, que em concentrações altas pode interferir na troca de instar, ocasionado a morte do inseto por inanição. Tal efeito, está correlacionado com o sistema endócrino dos insetos, o que afeta algumas funções fisiológicas controladas por sistema neuro-hormonais, como a ecdise, reprodução e comportamento (MCAGNAN et al., 2012).

TRINDADE et al., (2000) relataram sintomas de paralisia no corpo e escurecimento da parte posterior do abdômen em lagartas de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) alimentadas com extrato de Neem. Os autores, correlacionaram tais sintomas com a interferência em algum componente do sistema hormonal responsável pelo desenvolvimento larval.

Os resultados obtidos na fase larval são de grande importância, pois quando um extrato afeta diretamente a fase larval obtém-se a diminuição dos danos as plantas, seja por mortalidade direta ou através da diminuição da alimentação.

Na fase pupal, no experimento com dieta artificial o extrato aquoso de *S. versicolor* afetou todos os parâmetros avaliados. Acreditamos, que o aumento do período larval devido a redução da alimentação das lagartas influenciou diretamente a redução da biomassa pupal. CARPINELLA et al., (2002) relata que a diminuição da biomassa pupal é devida a ingestão reduzida de alimentos devido a presença de compostos inibidores de apetite, bem como moléculas que afetam a palatabilidade da folha ou dieta. Isso possivelmente se deu devido a presença de quassinoides, que se destaca por ser uma substância com gosto amargo.

FREITAS et al., (2014) relataram efeitos parecidos em lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com *Annona coriacea* Mart., (Annonaceae), sendo que o extrato reduziu o desenvolvimento da fase pupal e afetou o ganho de peso das pupas. Tais efeitos podem estar associados a baixa eficiência de conversão alimentar devido ao efeito de metabólitos secundários no

mesentério do inseto e das células do canal alimentar, comprometendo a fisiologia do trato digestivo e o ganho de peso (MARTINEZ & VAN ENDEM 1999).

A baixa sobrevivência pupal causada pelo extrato aquoso, pode ser devido de moléculas do metabolismo secundário de *S. versicolor* sobre os tecidos e órgãos endócrinos. Sendo assim, devido a constante ingestão do extrato, pode ter ocorrido malformações na pupa culminando na baixa emergência de adultos (SUN et al., 2013; GUO et al., 2014).

Na fase adulta, no experimento com dieta artificial o único parâmetro que teve influência do extrato aquoso foi o número de ovos. A baixa fecundidade pode estar relacionada com a redução da biomassa pupal, visto que, as larvas que se alimentam de dietas ricas em proteínas, são capazes de produzirem pupas e adultos mais pesados e com maior fecundidade (MARONEZE & GALLEGOS 2009). Tal fato foi observado no experimento, visto que as larvas alimentadas com EASv a 1% obtiverem menor peso pupal e também menor número de ovos.

A redução no número de ovos é importante para a redução de populações futuras, podendo ser utilizado em programas de manejo de pragas em conjunto com outros métodos, como o controle biológico via parasitoide, possibilitando assim, a manutenção do agroecossistema e favorecendo populações de organismos benéficos.

5. Conclusão

O extrato aquoso de *Simarouba versicolor* nas concentrações de 1%, 5% e 10%, foram eficientes no controle da fase larval de *Spodoptera frugiperda*, ocorrendo em 100% de mortalidade.

Dentre as concentrações testadas, destaca-se a de 1% no experimento utilizando folhas milho, visto que, possui a mesma porcentagem de mortalidade que o extrato a 5% e 10%, mas em uma menor dose, possibilitando economia de material durante o preparo da dose.

Experimentos utilizando dieta artificial podem influenciar nos resultados do experimento, visto que existe um maior suporte nutricional para as lagartas, o que pode auxiliar na detoxificação das substâncias tóxicas.

6. Agradecimentos

A Universidade Federal da Grande Dourados pela concessão de bolsas de iniciação científica para realização do projeto. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de Pós graduação concedida a autora Silvana Aparecida de Souza. Ao professor Sandro Menezes da Silva pela identificação de *S. versicolor*. A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (Fundect) pela disponibilização de recursos no nº 71 / 711.130 / 2018.

7. Referências

- AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, 2021. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10/05/2021.
- AGUIAR-MENEZES, E. Inseticidas botânicos: Seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. **Seropédica, Brasil**: Embrapa Agrobiologia. 2005.
- ALMEIDA, M.M.B., ARRIAGA, A.M.C., SANTOS, A.K.L., LEMOS, T.L.G., BRAZ-FILHO, R., VIEIRA, I.J.C. Ocorrência e atividade biológica de quassinoides da última década. **Química Nova**, v. 30, p. 935-951, 2007.
- ALVES, I.A.B.S, MIRANDA, M.H, SOARES, L.A.L, RANDAU, K.P. Simaroubaceae Family: botany, chemical composition and biological activities; **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 24, n.4, p. 481-501 2014.
- BARBOSA, L., BRAZ-FILHO, R., VIEIRA, I. Chemical constituents of plants from the genus *Simaba* (Simaroubaceae). **Chem. Biodivers**. 2011.
- BARROS, R. Pragas do milho. In: PEDROSO, R. S. (Coord.). **Tecnologia de produção: soja e milho 2011/2012**. Maracaju MS: Fundação MS, 2012.
- BÉLO, M. et al. Avaliação do efeito bioinseticida dos extratos de *Tabernaemontana catharinensis* A.DC. (Apocynaceae) e *Zeyheria montana* Mart. (Bignoniaceae) sobre a mosca *Zaprionus indianus* (Díptera: Drosophilidae) (Gupta, 1970). **Revista brasileira de biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 235-239. 2009
- BUTT, B. A., CANTU, E. Sex determination of lepidopterous pupae. **USDA. Agricultural Research Service Report**, v. 33, p. 1-7, 1962.
- CAMPOS, H. B. N., FERREIRA, M. C., DECARO JUNIOR, S. T. Prejuízos causados pela lagarta-do-cartucho e como manejar. **Revista cultivar**, V.1, Ed. 142, 2014 Disponível em: <grupocultivar.com.br/artigos/prejuizos-causados-pela-lagarta-do-cartucho-e-como-manejar>. Acesso em: 10 de maio de 2021.
- CARVALHO, N.M.; BACHA, F.B.; SANTOS, A.C.; CARVALHO, A.Q.; FACCIN, T.C.; POTT, A.; LEMOS, R.A.A. Spontaneous and experimental intoxication of cattle by *Simarouba versicolor* A. St hill (Simaroubaceae). **Toxicon**, v. 64, p. 55-59, 2013.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras**. 2019a. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 05 de julho de 2020.

- CRUZ, J. C., MAGALHÃES, P. C., PEREIRA FILHO, I. A., & MOREIRA, J. A. A. **Coleção 500 perguntas, 500 respostas sobre milho**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2011..
- FARIAS, P. H. T. S., DOS SANTOS, C. G., BRENDA, M. O., GUZZO, E. C.; Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) exposta a formulações à base de nim. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 4, p. 6190, 2019.
- FELIPE, L. O., BICAS, J. L.. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química nova.**, São Paulo. v.39, n.2, p.120-130, 2017.
- FREITAS, A. F., PEREIRA, F. F., FORMAGIO, A. S. N., LUCCHETA, J. T., VIEIRA, M. C., MUSSURY, R. M., Efeitos de extratos metanólicos de espécies de *Annona* no desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, V. 43, 446–452, 2014.
- GALLO, D. et al . **Manual de Entomologia Agrícola**, Fealq, 1.ed, 920p, 2002.
- GAZZONI, D. L., HÜLSMEYER, A., & HOFFMANN-CAMPO, C. B. Efeito de diferentes doses de rutina e de quercetina na biologia de *Anticarsia gemmatalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1997.
- GORDON-WEEKS, R., PICKETT, J.A. Role of natural products in nature: Plant- insect interaction. In ORBOURN A.E.; LANZOTTI. V. **Plant-Derived Natural Products**, v.5, p.321-347, 2009.
- GREENE, G. L., LEPLA, N. C., DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, p. 487-488, 1976.
- GRIGOLLI, J.F.J. Manejo e controle de pragas do milho safrinha. **Tecnologia e produção: Milho safrinha**. v.1, 2017.
- GUO L., P., ZHOU, X., GAO, X. Novel mutations and mutation combinations of ryanodine receptor in a chlorantraniliprole resistant population of *Plutella xylostella* (L.). **Scientific Reports**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2014.
- HARBORNE, J.B., GRAYER, R.J. **Flavonoids and insects**. In: HARBORNE, J.B (ed). The Flavonoids: advances in research since 1986, London: Chapman & Hall, 1993.
- ISMAN, M. B., WAN, A. J., PASSREITER, C. M. Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm *Spodoptera litura*. **Fitoterapia**, Amsterdam, v.72, n.1, p.65-68, 2001.
- KUBO, I. & F.G. HANKE. **Chemical methods for isolating and identifying phytochemicals biologically active in insects**. In: MILLER, J.R. & MILLER, T.A. (eds.), Insect-plant interactions. New York, Spring-Verlag, 1986.

- MACAGNAN, R.; WERNER, F.; REGO, B. E. F.; BARP, E. A.; Eficácia de extratos vegetais no controle de *Spodoptera frugiperda* (JE SMITH, 1797) em milho. **Biosaúde**, v. 14, n. 2, p. 74-80, 2012.
- MACÍAS, F. A., GALINDO, J. L. G., GALINDO, J. C. G. Evolution and current status of ecological phytochemistry. **Phytochemistry**. 2007.
- MANCIBO, F., HILJE, L., MORA, G.A., SALAZAR, R. Antifeedant activity of *Quassia amara* (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. **Crop Protection**, v. 19, n.1, p.301-305, 2000.
- MARONEZE, D. M., GALLEGOS, D. M. N. Efeito de extrato aquoso de *Melia azedarach* no desenvolvimento das fases imatura e reprodutiva de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 3, p. 537-549, 2009.
- MARTINEZ, S. S., VAN ENDEM, H. F; As concentrações subletais de azadiractina afetam a ingestão de alimentos, a eficiência de conversão e o comportamento alimentar de *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bulletin of Entomological Research**, 1999.
- MELLO, M.O., SILVA-FILHO, M.C. Plant-insect interactions: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. 2002.
- OMOTO, C. Lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*. **Comitê de Ação à Resistência a Inseticidas**, 2020. Disponível em< <https://www.iraac-br.org/spodoptera-frugiperda>>: Acesso em: 10/05/2021
- PIRANI, J.R., THOMAS, W.W. Simaroubaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2015 Disponível em:< <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB1394>> Acesso em: 10/05/2021
- RATTAN, R.S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop protection**, v. 29, n. 9, p. 913-920, 2010.
- REZENDE, F.M., ROSADO, D., MOREIRA, F.A., CARVALHO, W.R.S. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas, **Botânica no Inverno**, n.6 p.93, 2016.
- ROEL, A. R., VENDRAMIM, J. D. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em genótipos de milho tratados com extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* (Swartz). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, p. 581-586, 1999.

- ROHDE, C., JÚNIOR, A. M., SILVA, P.K., RAMALHO, K.R.O. Efeito de extratos vegetais aquosos sobre a mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, 2013.
- SAPINDAL, E., ONG, K. H., KING, P. J. H. Efficacy of *Azadirachta excelsa* vinegar against *Plutella xylostella*. **International Journal of Pest Management**, v. 64, n. 1, p. 39-44, 2017.
- SARAIVA, R.C.G., PINTO, A.C., NUNOMURA, S.M., POHLIT, M.A. Triterpenos e alcalóide tipo cantinona dos galhos de *Simaba polyphylla* (Cavalcante) WW Thomas (Simaroubaceae). **Química Nova**, v. 29, n. 2, p. 264-268, 2006.
- SILVA, T. R. F. B., ALMEIDA, A. C. S., MOURA, T. L., SILVA, A. R., FREITAS, S. S., & JESUS, F. G. Effect of the flavonoid rutin on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 165-170, 2016.
- SIMOTE S.Y. 2006. Estudo fitoquímico de *Helietta puberula* (Rutaceae), *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae) e busca de um processo de microencapsulação de compostos ativos, visando o controle de formigas cortadeiras. **Tese de Doutorado em Química, Universidade Federal de São Carlos**, São Carlos, SP. 200p
- SOUSA NETO, M., SILVA, F. C., ALMEIDA, A. C. S., MENEZES, A. C. S., ARAÚJO, M. S., & JESUS, F. G. Toxicity of *Andira paniculata* (Fabaceae) extracts to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agriculture Science**, 2018.
- SUN, D., LIU, Y., QIN, L., XU, J., LI, F., LIU, S. Deslocamento competitivo entre duas moscas-brancas invasoras: aplicação de inseticida e efeitos da planta hospedeira. **Boletim de pesquisa entomológica**, v. 103, n. 3, pág. 344, 2013.
- TRINDADE, R. C. P., MARQUES, I. M. R., XAVIER, H. S., OLIVEIRA, J. V. D.; Extrato metanólico da amêndoa da semente de nim e a mortalidade de ovos e lagartas da traça-dotomateiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 407-413, 2000.
- UPADHYAY, R. K. Insecticidal and oviposition inhibition efficacy of *Capparis deciduata* *Sitophilus oryzae* Linn. (Coleoptera: Curculionidae). **International Journal of Chemical and Biochemical Science**, 2012.
- USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Production**. 2020. Disponível em:
- VIEGAS JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

