



MARCOS HENRIQUE DE OLIVEIRA FERREIRA

**PARÂMETROS DEMOGRÁFICOS DE *Spodoptera frugiperda*
(SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) SUBMETIDA
A SUBDOSES DE INSETICIDAS**

LAVRAS-MG

2023

MARCOS HERIQUE DE OLIVEIRA FERREIRA

**PARÂMETROS DEMOGRÁFICOS DE *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) SUBMETIDA A SUBDOSES DE INSETICIDAS**

Monografia apresentada ao
Departamento de Entomologia da
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Curso de
Agronomia, para a obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho
Orientador

M.Sc. Karolina Gomes de Figueiredo
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2023**

Aos meus pais, Sônia Aparecida e Marcos Ferreira pelo suporte e incentivo nas horas difíceis dessa caminhada. Vocês formam indispensáveis para minha formação.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido o dom da vida e por sempre estar ao meu lado.

Aos meus pais Marcos Ferreira e Sônia Aparecida, deixo meus sinceros agradecimentos, por sempre terem confiado em mim e sacrificado seus sonhos para realizações dos meus.

Ao carinho e dedicação de minha namorada, Maria Paula que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Aos familiares e amigos, que sempre torceram pelo meu sucesso, contribuindo de maneira positiva na superação dos desafios.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelos momentos de alegria e engrandecimento, pelo ensino de qualidade e as oportunidades adquiridas.

À CAPES, CNPq e FAPEMIG pela oportunidade e colaboração.

Ao meu orientador, Geraldo Andrade de Carvalho, pelas oportunidades concedidas, sendo exemplo de profissional a ser seguido.

À minha coorientadora, Karolina Gomes de Figueiredo, pela cumplicidade, paciência, amizade e ensinamentos durante a construção desse trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP): Eliane Andrade (Léia), Vanessa Exteckoetter, Mariana de Souza, Alice dos Reis, Lívia Aparecida, Ana Flávia Fernandes, Júlia Assunção, Letícia Fernandes, Alexya e Alejandro Sandria, por todo carinho, amizade e ensinamentos que foram fundamentais para minha formação.

Aos amigos de graduação, por todos os momentos de alegria e descontração, pelas ajudas e ensinamentos compartilhados.

Ao meu amigo, Igor Guimarães, por todos esses anos de amizade e companheirismo, por toda ajuda e apoio que me propiciou.

A todos os envolvidos e que contribuíram com minha formação.

Muito Obrigado.

Resumo

Spodoptera frugiperda causa danos severos em diferentes estádios fenológicos da planta de milho, levando a prejuízos econômicos para os produtores. Dentre os diversos métodos de controle disponíveis, o mais utilizado ainda é o controle químico por meio de inseticidas sintéticos. No entanto, o uso inadequado de alguns produtos tem potencializado o aparecimento de populações resistentes de *S. frugiperda*. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos letal e subletais de subdoses dos inseticidas Intrepid[®] 240 SC (metoxifenoazida) e Lorsban[®] 480 BR (clorpirifós) sobre os parâmetros do ciclo de vida de *S. frugiperda*, por meio de tabela de vida por idade-estágio. As doses avaliadas em mL do produto comercial/L de água foram de 0,225 para Intrepid e 1,5 para Lorsban, equivalentes a 25% da concentração recomendada pelo fabricante de cada produto. O tratamento controle constituiu apenas com a aplicação de água. Lagartas de segundo instar foram tratadas com cada tratamento, via pulverização em torre de Potter. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 100 repetições por tratamento, sendo cada uma formada por uma lagarta. O número de insetos mortos foi avaliado a cada 24 horas até a morte do último do espécime, com o intuito de obter a duração dos períodos larval e pupal, número de machos e fêmeas e a longevidade dos insetos. Para avaliação de características reprodutivas dos adultos oriundos das lagartas de segundo instar tratadas, foram montados 36 casais com os insetos do tratamento com água, 16 casais com os insetos do tratamento com Intrepid e 11 casais com os insetos tratados com Lorsban. Em seguida realizou-se a individualização desses casais em gaiolas para oviposição e a contagem do número de ovos. Com os dados obtidos, foram realizadas análises para a determinação dos parâmetros demográficos por meio do programa Two-sex MS Chart. Foi observado que o metoxifenoazida causou uma redução no número de dias do ciclo de vida total dos insetos. Nenhum dos inseticidas reduziu a oviposição de *S. frugiperda*. Referente aos parâmetros populacionais, taxa intrínseca de crescimento (r), taxa finita de crescimento (λ) e taxa de reprodução básica (R_0), os insetos tratados apenas com água demonstraram maiores taxas em relação aos demais tratamentos contendo inseticidas, os quais não se diferenciaram entre si. Desse modo, com os estudos realizados, foi possível observar que as subdoses dos inseticidas promoveram um efeito contrário ao esperado e que a *S. frugiperda* apresenta potencial de adaptabilidade, os quais podem ser minimizados com a recomendação da dosagem correta e a utilização do manejo integrado, a fim de diminuir a ocorrência de populações resistentes aos inseticidas.

Palavra chaves: Efeitos secundários, Lagarta-do-cartucho; MIP; Pesticidas; *Zea mays*

SUMÁRIO

1. Introdução	3
2. Objetivos	5
2.1 Objetivo geral	5
2.2 Objetivo específico	5
3. Hipóteses	6
3.1 Hipótese geral	6
3.2 Hipótese específicas	6
4. Referencial teórico	7
4.1 Cultura do milho (<i>Zea mays</i>)	7
4.2 Lagarta-do-cartucho do milho <i>S. frugiperda</i>	8
4.3 Métodos de Controle	9
4.4 Características dos inseticidas utilizados	10
4.4.1 Metoxifenoza	10
4.4.2 Clorpirifós	10
5. Material e Métodos	12
5.1 Criação de <i>S. frugiperda</i>	12
5.2 Inseticidas	12
5.3 Tabela de vida de <i>S. frugiperda</i> tratadas com inseticidas	13
5.4 Análise estatística	14
6. Resultados	17
6.1 Efeitos dos inseticidas sobre o ciclo de vida de <i>S. frugiperda</i>	17
6.2 Taxa de sobrevivência e expectativa de vida de <i>S. frugiperda</i>	18
6.3 Parâmetros reprodutivos	20
6.4 Parâmetros populacionais	23
7. Discussão	24
8. Conclusão	27
Referências bibliográficas	28

1. Introdução

O milho (*Zea mays L.*) apresenta seu centro de origem no México, pertencente à família das Poaceae tem se destacado no cenário mundial de forma econômica e cultural. Apresenta diferentes formas de utilização, desde fonte de alimento à produção de combustíveis, esse, cereal está cada vez mais presente nos produtos manufaturados e dos gêneros alimentícios. No panorama mundial, o Brasil é um dos principais produtores da cultura, somente atrás dos Estados Unidos e da China (NARDINO et al., 2017; SILVEIRA et al., 2015; USDA, 2023). No cenário brasileiro, a cultura apresenta grande expressividade no agronegócio e no suporte aos pequenos produtores, a qual representa 30% do total da área cultivada no país (MORTATE et al., 2018).

A alta na demanda por milho no mercado nacional e internacional condiciona o aumento na área de plantio e gera uma melhor perspectiva por parte dos produtores, a qual propicia safras recordes e superação nas expectativas de produtividade. Portanto, a área de plantio nas próximas safras poderá chegar a 22,5 milhões de hectares (CONAB, 2023). A agricultura de vários estados brasileiros tem por tradição o plantio do milho após a colheita da soja, no entanto, as condições climáticas adversas do ano de 2023 provocaram atraso na colheita da soja e, conseqüentemente, atraso no plantio do milho em importantes estados produtores. Tal atraso promoveu a semeadura do milho fora da janela de plantio adequada, e desse modo, a cultura fica suscetível aos fatores bióticos e abióticos que podem afetar no rendimento da cultura (USDA, 2023).

Em se tratando dos fatores que podem afetar a produtividade do milho, podem-se destacar a adubação, solo, clima e manejo utilizado pelo produtor (SPADA et al., 2023). Além disso, o ataque de pragas exerce grande impacto sobre a produção, em especial a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), pela sua ocorrência nas lavouras e os danos causados à cultura, o que pode provocar reduções de produtividade de 15 a 40% quando medidas de controle não são adotadas (FERREIRA; MENDES, 2022). Em ambientes com a umidade relativa de 60%, fotofase de 12 horas e temperaturas entre 23 e 27°C, é possível visualizar o crescimento populacional expressivo e, conseqüentemente, o alto índice de ataque nas folhas, no cartucho do milho e até mesmo nas espigas (BEZERRA et al., 2019).

As estratégias de manejo que visam controlar a infestação dessa praga estão cada vez mais escassas. Os fatores que favorecem o aumento populacional de *S. frugiperda* são as elevadas taxas de fecundidade, facilidade de locomoção, a plasticidade comportamental do

inseto e a agilidade na seleção dos genes favoráveis ao ambiente, que conseqüentemente evoluem para uma resistência (KENIS et al., 2022).

Considerada como uma das principais praga brasileira para a cultura do milho, *S. frugiperda* tem propiciado a elevação dos níveis de investimento para o seu controle. Dentre as formas de controle disponíveis, o químico tem sido utilizado pelos produtores rurais. Esse tipo de controle é empregado no manejo de diferentes formas, desde tratamento de sementes até pulverizações foliares. Vale ressaltar também os diferentes grupos químicos de inseticidas que são utilizados e testados para reduzir a população da lagarta nas lavouras (GARAVAZI; PATRONI; DE CARVALHO BALIEIRO, 2020).

A presença de diferentes hospedeiros durante todo ano contribui para a permanência de *S. frugiperda* no campo, o que torna seu controle cada vez mais difícil. Devido a sua frequência cada vez mais marcante em culturas a qual era classificada como praga secundária ou esporádica, tem-se aumentado o uso indiscriminado de inseticidas tem aumentado. Esse uso inadequado dos produtos químicos disponíveis tem propiciado vários registros de casos de populações resistências aos principais grupos e mecanismos de ação de inseticidas (DE OLIVEIRA; NUNES, 2017).

Dessa maneira, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos letal e subletais dos inseticidas Lorsban 480 BR (clorpirifós) e Intrepid 240 SC (metoxifenoazida), sobre a *S. frugiperda*, a fim de obter resultados referentes ao ciclo de vida que possa contribuir com o produtor no controle da praga, redução no número de aplicações desnecessárias, doses inadequadas dos produtos, o que irá melhorar e reduzir os custos de sua produção e reduzir o risco de contaminação ao meio ambiente e ao homem.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos letal e subletais de subdose dos inseticidas Intrepid 240 SC (metoxifenoazida) e Lorsban 480 BR (clorpirifós) em lagartas de segundo instar de *S. frugiperda*.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a taxa de mortalidade de *S. frugiperda* quando submetida à aplicação de subdose dos inseticidas clorpirifós e metoxifenoazida.
- Avaliar os parâmetros demográficos e biológicos de *S. frugiperda* submetida à aplicação de subdose dos inseticidas clorpirifós e metoxifenoazida.

3. Hipóteses

3.1 Hipótese geral

Os inseticidas clorpirifós e metoxifenoazida em subdoses causam efeitos letal e subletais em *S. frugiperda*.

3.2 Hipóteses específicas

- Os inseticidas clorpirifós e metoxifenoazida apresentam maior taxa de mortalidade de lagartas de segundo instar quando aplicados em subdose.
- A aplicação dos inseticidas clorpirifós e metoxifenoazida em subdose afeta negativamente os parâmetros demográficos e biológicos de *S. frugiperda*.

4. Referencial Teórico

4.1 Cultura do milho (*Zea mays*)

O milho é um cereal pertencente à família das poáceas e destaca-se como uma cultura importante na agricultura brasileira (SILVA et al., 2020). Devido à sua adaptabilidade, o milho pode ser encontrado em diferentes regiões, desde climas tropicais até climas temperados, com diferentes altitudes e longitudes, além de atender diferentes classes da agricultura, de pequenos a grandes produtores (LOPES et al., 2022).

Os conhecimentos mais técnicos possibilitaram a otimização dos insumos agrícolas, o controle de pragas e doenças, escolha de cultivar e o emprego de tecnologias de precisão. Com o advento das tecnologias e informações no campo, as práticas de manejo estão cada vez mais difundidas aos produtores, resultando em alta produtividade (ARTUZO et al., 2019). O Brasil tem ganhado destaque no mercado internacional com a produção de milho, devido a elevação na demanda internacional pelo cereal. O uso das novas tecnologias de produção, elevação na produtividade e ampliação das áreas de cultivo, contribuíram também com a participação do Brasil no mercado externo (DE SOUZA et al., 2018). Essa alta na exportação garantiu, para a safra 2022/23, que o Brasil se torna-se o maior exportador de milho no mundo, superando os EUA (USDA, 2023).

A previsão brasileira de produção total para a safra 2023/24 é de 119,4 milhões de toneladas, com um decréscimo de 9,5%, comparada com a safra anterior. Essa redução de produção é resultado da diminuição de área de plantio, com cerca de 21.186,9 milhões de hectares, para as safras. Entretanto, espera-se um aumento no consumo interno com cerca de 84,5 milhões de toneladas, sendo que a exportação será de 38 milhões de toneladas, volume menor que o obtido na safra anterior de 2022/23 (CONAB, 2023).

Seu rendimento pode ser afetado de diferentes formas, dentre os quais estão as plantas daninhas, doenças e pragas. O aumento nas áreas de cultivo pelo Brasil ao longo dos anos culminou em uma maior ocorrência das pragas, que traz ameaças a produtividade da cultura do milho. Com destaque para as populações de lepidópteros da família Noctuidae, em especial *S. frugiperda*, que têm ocasionado inúmeros prejuízos nas lavouras (WONDIMU et al., 2021), outros pontos-chaves que têm ressaltado sua importância é a dificuldade de controle pelos métodos usuais e sua incidência nas lavouras, que está cada vez mais intensa (MORAES et al., 2015)

4.2 Lagarta-do-cartucho do milho (*S. frugiperda*)

A *S. frugiperda* é um inseto pertencente a ordem Lepidoptera e família Noctuidae e apresenta seu centro de origem nas Américas, em especial nas zonas tropicais e subtropicais. É considerada uma praga polífaga, com ampla diversidade alimentar, com mais de 353 espécies de plantas hospedeiras, ataca tanto as partes vegetativas quanto partes reprodutivas das plantas que causam danos a produtividade, entretanto, é notável a preferência pelas plantas da família Poaceae (DE OLIVEIRA; NUNES, 2017; SCOTON et al., 2022). *Spodoptera frugiperda* destacou-se em 1899, com o primeiro surto no EUA, com danos em várias culturas e com altos níveis de destruição das lavouras de milho. Sua presença no Brasil foi evidenciada com um surto em 1964, onde foi possível visualizar diversos danos em culturas como o milho, arroz e em pastagens (NAIS, 2012).

O ciclo de vida de *S. frugiperda* é holometábolo, ou seja, passa pelas quatro fases de desenvolvimento - ovo, lagarta, pupa e adulto. A mariposa ovíparita na face adaxial da folha, variando 100 a 1000 ovos por postura e totalizando no ciclo de vida da fêmea cerca de 1.500 a 2.000 ovos (NAIS, 2012). A postura dessa espécie é caracterizada por uma massa de ovos em forma de camadas recobertas por escamas, o que aumenta a proteção dos ovos e reduz a predação e o parasitismo por inimigos naturais. Os ovos apresentam coloração mais escura quando próximos da eclosão em decorrência da coloração da cápsula cefálica das lagartas (LI et al., 2023). Após a eclosão, as lagartas passam pela fase jovem que dura em torno de 12 a 30 dias e uma coloração de cinza escuro a meio esverdeada, que irá mudar de acordo com a evolução dos instares. As lagartas apresentam características marcantes que as diferenciam das outras do mesmo gênero, como a presença de um “Y” invertido na sua cápsula cefálica e quatro pontos pretos no final do abdômen com o formato trapezoidal (SCOTON et al., 2022).

Os danos se iniciam com a raspagem dos tecidos de um lado da folha, enquanto do outro lado, a epiderme membranosa da folha se mantém íntegra. Com as mudanças de instares, os danos começam a se elevar, as lagartas passam a destruir os cartuchos, folhas e prejudicam a produção de grãos, o que leva a morte de plantas menores e estragos severos em plantas adultas (MICHELOTTO et al., 2020; TRINDADE et al., 2017).

Segundo Melo et al. (2006), *S. frugiperda* ganhou destaque pelos danos causados à cultura do milho e pela complexidade no seu controle, que resulta em perdas diretas na produção agrícola. Assim, a identificação dos níveis populacionais e, de dispersão por área, são indispensáveis para realização do manejo adequado. Dentro desse manejo o controle químico é uma ferramenta essencial devido à sua praticidade e eficiência, no entanto, sua

eficiência está atrelada com a técnica de aplicação, ou seja, a qualidade da operação, que dará mais segurança no controle. Vale ressaltar, que é importante avaliar a diferença no comportamento da praga nos diferentes meios em que estão inseridas, o que pode interferir na eficiência do inseticida (DE OLIVEIRA; NUNES, 2017).

4.3 Métodos de controle

Neste contexto, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é um sistema de controle de pragas que leva em consideração a associação de medidas de controle de forma harmoniosa. Esse manejo considera o interesse dos produtores e os impactos no ambiente de acordo com uma análise de custo-benefício. O MIP conta com a junção de diferentes técnicas de controle como a regulação natural do meio, o manejo com plantas resistentes, o uso do controle biológico e comportamental e inseticidas químicos (JUNIOR et al., 2020).

Dentre os métodos disponíveis para o controle de *S. frugiperda* encontram-se controle cultural, comportamental, genético, varietal, biológico e químico. Dentre estes, o controle químico (SILVA et al., 2017).

O controle biológico apresenta diversas medidas de manejo, dentre eles inimigos naturais como predadores, parasitoides e o método microbiano. Inúmeros benefícios são visualizados com o uso do controle biológico, dentre eles se destaca a redução aos danos ao meio ambiente e o favorecimento dos inimigos naturais presentes na área. Entretanto, quando utilizado de forma individual à uma falta de autossuficiência no combate às pragas de campo, o que leva o uso de outros meios de controle como suporte (PARANHOS; NAVA; MALAVASI, 2019).

Uma das técnicas do MIP mais empregadas nas lavouras de milho é o controle varietal utilizando os eventos *Bt*. A introdução dos genes de *Bacillus thuringiensis*, bactéria gram-positiva esporulante que proporciona um alto nível de resistência à planta contra algumas espécies de lepidópteros, como a *S. frugiperda*. Dessa forma, esse método de controle é de suma importância e eficácia no manejo das lagartas. Entretanto, devido à forte pressão de seleção resultante do seu uso incorreto e extremo proporcionou a seleção de populações resistentes a proteína *Bt* (BARCELOS; ANGELINI, 2018; MICHELOTTO et al., 2020).

O método mais utilizado para o controle da *S. frugiperda* é o químico, com um gama de inseticidas registrados, sendo os mais utilizados os grupos carbamatos, organofosforados, piretróides, spinosinas e os inibidores da síntese de quitina (MARCHIORO et al., 2019). A aplicação dos químicos tem início na lavoura com o surgimento das primeiras lagartas, mas o

uso inadequado dos equipamentos de aplicação e escolha do produto químico tem reduzido os efeitos sobre o controle da praga (DOS SANTOS et al., 2018). Visando métodos mais assertivos e garantia de uma boa produtividade, tem-se realizado a rotação de produtos, ou seja, rotacionando os mecanismos de ação o que reduz a seleção de resistência. O que é de extrema importância para uma praga de ciclo mais longo na lavoura, que aumenta o número de aplicações visando o seu controle (GUERREIRO; CAMOLESE; BUSOLI, 2013).

Em se tratando da resistência, os processos evolutivos propiciaram, em alguns espécimes de uma população, a capacidade de sobreviver a uma exposição da dose que seria letal do produto associada a capacidade de transmitir esses genes de resistência, aos seus novos descendentes. Ainda a aplicação de doses subletais pode levar o inseto a hormese e ocasionar efeitos adversos, como por exemplo, uma maior taxa de reprodução e oviposição (GUEDES; 2023). No caso da *S. frugiperda*, é possível observar uma capacidade de evolução marcante para resistência à inseticidas. Desse modo, o reconhecimento do padrão de herança e dos mecanismos de resistência é essencial para garantir as estratégias de manejo e prolongar a eficiência dos inseticidas (GARLET et al., 2022).

4.4 Características dos inseticidas utilizados

4.4.1 Metoxifenoazida

Esse inseticida pertence ao grupo das Diacilhidrazina, age como um estimulante da ecdise, imitando o hormônio natural produzido pelos insetos, a ecdisona. Sua atuação inicia-se com a ligação da proteína receptora de ecdisona, nesse momento o processo de ecdise é iniciado, as lagartas cessam a alimentação e iniciam a produção de uma nova cutícula por baixo da velha, entretanto má desenvolvida (CESSA; DE MELO; DE LIMA JUNIOR, 2013). O metoxifenoazida apresenta um peso molecular de 368,5 g/mol, pressão de vapor $3,5 \cdot 10^{-11}$ mm Hg a 25°C, solubilidade em água de 3,3 mg/L a 20°C e um log Kow de 3,7 (PUBCHEM, 2023).

4.4.2 Clorpirifós

É um inseticida neurotóxico pertencente ao grupo químico dos Organofosforados, que são inibidores da enzima colinesterase. Atuam sobre os insetos por vias de contato, ingestão e fumigação. A inibição da acetilcolinesterase ocorre pela fosforilação da enzima, que promove no sistema nervoso central o acúmulo de acetilcolina, o qual leva a hiperexcitação do sistema nervoso e a morte do inseto (COUTINHO et al., 2005; PENA et al., 2003). O

clorpirifós apresenta um peso molecular de 350,6 g/mol, solubilidade em água de 1,4 mg. L⁻¹ (25°C), pressão de vapor de 2,02.10⁻⁵ mm Hg (25 °C), com um log Kow de 4,96 (PUBCHEM, 2023).

5. Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP) do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de novembro de 2022 a fevereiro 2023. Todos os bioensaios foram conduzidos em ambiente controlado à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

5.1 Criação de *S. frugiperda*

Na execução dos experimentos foram utilizadas lagartas de *S. frugiperda* com 72 horas de vida (segundo instar) que foram alimentadas com dieta artificial e provenientes da segunda oviposição da criação mantida no laboratório. A dieta artificial estabelecida foi constituída de ácido sórbico (1,65 g); ácido ascórbico (5,10 g); 4-hidroxibenzoato de metila (3,15 g); feijão Carioca (166,66 g); gérmen de trigo (79,20 g); levedo de cerveja (50,70 g); ágar (27,0 g); formaldeído (4,15 mL); solução inibidora de crescimento microbiano (4,15 mL) preparada a partir de ácido propanoico (18,0 mL), ácido fosfórico (43,0 mL) e água (540,0 mL) (PANIZZI; PARRA, 2009).

Para o preparo da dieta, foi levado ao fogo o feijão em uma panela de pressão com 1,5 L de água. Em seguida, todos os demais ingredientes, com exceção do ágar, foram adicionados e misturados em um liquidificador com 750 mL de caldo proveniente do cozimento do feijão. Em outro recipiente foi realizada a dissolução do ágar em 750 mL de água destilada. Por fim, a dieta foi levada ao fogo novamente por 30 minutos. Após o preparo a dieta foi colocada em um recipiente retangular (27 x 38 x 6 cm) para o resfriamento e solidificação em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). Os adultos foram alimentados com uma solução aquosa de mel 10% v/v e mantidos em gaiolas de tubo de PVC (20 cm x 20 cm), que tiveram suas paredes internas forradas com papel sulfite que serviu de substrato para oviposição. Na parte superior do tubo foi realizado a cobertura com o tecido tipo *voile*. Já a parte inferior foi colocada em um recipiente com coloração preta de 24 cm x 4 cm. Após 5 dias, o papel sulfite foi retirado para seccionar as partes contendo os ovos de *S. frugiperda* e colocados placas de Petri de 15 cm. Quando as lagartas atingiram o segundo instar, essas foram separadas a cada duas em um potes de plástico de 100 mL com tampa contendo dieta artificial onde foram mantidas até a fase de pupa. Após, as pupas foram retiradas e colocadas em placas de Petri dentro da gaiola de PVC, a fim de começar um novo ciclo da criação.

5.2 Inseticidas

Para os experimentos foram utilizados dois inseticidas pertencentes a diferentes grupos químicos (Tabela 1).

Tabela 1. Inseticidas utilizados nos experimentos com *Spodoptera frugiperda*.

Nome comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	Dose do inseticida (mL/ha)	Dose aplicada CL ₂₅	Fabricante
Intrepid [®] 240 SC	Metoxifenoza	Diacilhidrazina	150 a 180	0,225 mL/L	Corteva
Lorsban [®] 480 BR	Clorpirifós	Organofosforado	400 a 600	1,5 mL/L	FMC

5.3 Tabela de vida de *S. frugiperda* tratadas com subdoses dos inseticidas

O experimento foi realizado com três tratamentos, sendo dois inseticidas e um controle com água, e 100 repetições por tratamento, em que cada uma correspondeu a uma lagarta de segundo instar, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos foram constituídos de solução aquosa de inseticidas na dose letal 25%, sendo cada produto diluído na concentração máxima fornecida pelo fabricante. O inseticida Clorpirifós na concentração 1,5 ml/L, Metoxifenoza em 0,225 ml/L, correspondendo a DL25%, enquanto o controle foi realizado somente com aplicação de água. As lagartas de *S. frugiperda* foram submetidas à pulverização via torre de Potter, calibrada de acordo a metodologia estabelecida pela International Organization for Biological Control (IOBC), com a aplicação de $1,5 \pm 0,5 \text{ mg.cm}^{-2}$ de calda química a uma pressão de 15 lb.pol². Após a aplicação dos tratamentos, as lagartas foram individualmente em tubos de vidro (8 cm x 1,5 cm) contendo uma fração de dieta artificial que, em seguida foi fechado com um pedaço de algodão.

Diariamente eram realizadas avaliações para a definição dos estágios de desenvolvimento da lagarta e de pupas, onde foi avaliado os tamanhos das lagartas, a visualização das cápsulas cefálicas descartadas durante a ecdise e a determinação dos dias de duração dos instares. Foram avaliados as sobrevivências e o tempo de desenvolvimento total das lagartas e para as pupas. Para ambas as fases citadas, foi realizada a avaliação tempo de desenvolvimento (dias) e viabilidade.

Na avaliação sobre os efeitos dos inseticidas nos adultos provenientes das lagartas tratadas, foi realizada a sexagem das pupas e a montagem dos casais dos diferentes

tratamentos sendo 16 para Metoxifenoazida, 11 para Clorpirifós e 36 para água. Diante disso, foi avaliado os números de ovos, o período de oviposição de cada fêmea e a sobrevivência das mariposas. Cada casal foi separado em um pote de plástico (11 cm x 12 cm) coberto com a tampa com uma abertura e recoberta com um tecido *voile* para permitir trocas gasosas e impossibilitando a fuga dos casais. Foi adicionado em cada pote um recipiente com pedaço de algodão umedecido em solução aquosa de mel a 10% v/v, as paredes dos potes foram revestidas com papel sulfite, o qual serviu como substrato para oviposição das fêmeas.

5.4 Análises dos dados obtidos

A análise dos dados referentes ao ciclo de vida da *S. frugiperda*, submetida aos três tratamentos, foi processada por meio do programa TWSEX-MSCHART (CHI, 2020) com base na teoria de tabela de vida para dois sexos por idade e estágio de desenvolvimento (Age-stage, Two-sex, life table) (CHI E LIU, 1985; CHI, 1988).

Os parâmetros biológicos levados em consideração e suas respectivas fórmulas foram:

- Taxa de sobrevivência por idade-estágio específico (S_{xy}) = Probabilidade de que um indivíduo recém-nascido sobreviva à idade x e estágio j .

$$S_{xj} = \frac{\text{Número de indivíduos na idade } x \text{ e estágio } j}{\text{Número total de indivíduos}}$$

- Taxa de sobrevivência por idade específica (l_x) = Proporção de indivíduos da população inicial que sobrevive à idade x .

$$l_x = \frac{\text{Número de indivíduos vivos na idade } x}{\text{Número total de indivíduos}}$$

- Expectativa de vida por idade-estágio de desenvolvimento (e_{xj}) = Tempo estimado em que um indivíduo possa viver à idade x e estágio j .

$$e_{xt} = \frac{T_x}{S_{xj}} \quad T_x = \frac{(s_{xj} + s_{x+1j})}{2}$$

- Fecundidade por idade (m_x) = Número médio de ovos produzidos por indivíduo na idade x . No caso foi realizada a contabilização dos ovos como uma estimativa da fecundidade.

$$m_x = \frac{\text{Número de ovos no dia } x}{\text{Número total de indivíduos no dia } x}$$

- Fecundidade por idade-estágio de desenvolvimento (f_{xj}) = Refere-se à fecundidade média dos indivíduos de idade x e estágio j .

$$f_{xj} = \frac{\text{Número de ovos no dia } x}{\text{Número total de fêmeas vivas no dia } x}$$

- Distribuição da mortalidade por idade-estágio de desenvolvimento (p_{xj}) = Probabilidade de que um indivíduo morra à idade x e estágio j .

$$p_{xj} = \frac{\text{Número de indivíduos mortos na idade } x \text{ e estágio } j}{\text{Número total de indivíduos}}$$

- Maternidade por idade ($l_x m_x$) = Número de descendentes esperados por indivíduo na idade x , levando-se em conta a probabilidade que chegue vivo a tal idade.

$$l_x m_x = l_x \times m_x$$

- Valor reprodutivo por idade-estágio de desenvolvimento (v_{xj}) = Contribuição de um indivíduo na idade x estágio para a população futura (descendência).

$$\frac{V_x}{V_0} = \frac{e^{r \cdot x}}{l_x} \cdot \sum_{y=x}^{y(max)} e^{-r \cdot y} \cdot l_x \cdot m_x$$

- Taxa reprodutiva básica (R_0) = Refere-se ao número médio de descendentes de um indivíduo durante toda sua vida. A população tende a crescer quando $R_0 > 1$, decrescer quando ($R_0 < 1$) ou se mantém quando $R_0 = 1$.

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_{(x)} m_{(x)}$$

- Taxa intrínseca de crescimento (r) = Se refere à capacidade da população de aumentar em número de indivíduos. A população tende a crescer quando $r > 0$, decrescer quando $r < 0$ ou se mantém estável quando $r = 0$.

$$r = \frac{\ln R_0}{T}$$

- Taxa finita de crescimento (λ) = Descendência média de um indivíduo por unidade de tempo. Fator pelo qual uma população aumenta por unidade x de tempo. A população tende a: crescer quando $\lambda > 0$, decrescer quando $\lambda < 0$ ou se mantém estável quando $\lambda = 0$.

$$\lambda = e^r$$

- Tempo médio da geração (T) = Duração média de uma geração. Tempo decorrido entre o nascimento dos progenitores e seus descendentes.

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

As médias e os erros padrões dos parâmetros reprodutivos foram estimados utilizando-se o método de Bootstrap, com 100.000 reamostragens (EFRON; TIBSHIRANI, 1993, HESTERBERG, 2008; HUANG; CHI, 2011; YU et al., 2013; AKKÖPRÜ et al., 2015). As diferenças dos parâmetros dos tratamentos foram analisadas por meio do teste de Bootstrap

pareado, baseado no intervalo de confiança (CROWLEY, 1992; HESTERBERG et al., 2005; SMUCKER et al., 2007) utilizando o programa TWOSEX MSChart para Windows (CHI, 2020).

6. Resultados

6.1 Efeitos dos inseticidas sobre o ciclo de vida de *S. frugiperda*

Nos estágios de ovo, L1 e L3 não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao parâmetro tempo de desenvolvimento. No estágio larval L2, no tratamento contendo o inseticida clorpirifós, foi observado menor tempo de desenvolvimento quando comparado com os demais tratamentos. Além disso, as lagartas tratadas com o inseticida metoxifenoazida apresentaram maior duração do L2. Em L4, o menor tempo de desenvolvimento foi observado no tratamento com o inseticida metoxifenoazida e o maior tempo observado foi para o tratamento contendo o inseticida clorpirifós, com 1,5 dias a mais que as lagartas tratadas com metoxifenoazida. Em L5, o tratamento com metoxifenoazida se diferenciou dos demais, no qual foi observado a menor duração desse estágio para lagartas de *S. frugiperda* (Tabela 2).

No estágio de pupa os inseticidas aumentaram o tempo de desenvolvimento desta fase, porém no período de ovo-pupa, foi observado maior tempo para os tratamentos com os inseticidas clorpirifós e metoxifenoazida, comparados com o controle. No parâmetro longevidade do adulto, o tratamento com metoxifenoazida resultou em um menor período em relação aos demais tratamentos. Quanto ao ciclo de vida total dos insetos, foi observado menor tempo de desenvolvimento para os insetos que foram tratados com a subdose do inseticida Metoxifenoazida, quando comparadas com insetos tratados com o inseticida Clorpirifós e com controle. Também foram calculadas as proporções de machos e fêmeas para cada tratamento, em que para o tratamento com água foi de 0,88F: 1M; Clorpirifós 0,8F: 1M e Metoxifenoazida 0,53F: 1M (Tabela 2).

Tabela 2. Efeitos dos inseticidas em subdose no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda*.

Parâmetro	Estágio	Água		Lorsban		Intrepid	
		N	Média ± SE	N	Média ± SE	N	Média ± SE
Tempo de desenvolvimento (dias)	Ovo	100	3 ± 0 a	100	3 ± 0 a	100	3 ± 0 a
	L1	100	2 ± 0 a	100	2 ± 0 a	100	2 ± 0 a
	L2	99	3,11 ± 0,07 b	43	2,74 ± 0,09 c	57	3,68 ± 0,17 a
	L3	97	4,53 ± 0,12 a	37	4,65 ± 0,2 a	54	5 ± 0,14 a
	L4	96	3,54 ± 0,12 b	35	4,14 ± 0,25 a	53	2,87 ± 0,13 c
	L5	89	3,63 ± 0,08 a	32	3,47 ± 0,16 a	46	3,28 ± 0,14 b
	Pupa	77	11,9 ± 0,12 b	27	12,78 ± 0,19 a	46	12,52 ± 0,16 a
	Ovo - Pupa	77	31,65 ± 0,22 b	27	32,52 ± 0,24 a	46	32,2 ± 0,24 ab
Longevidade (dias)	Adulto	77	11,1 ± 0,52 a	27	9,37 ± 0,79 a	46	7,65 ± 0,47 b
Ciclo de vida*	Fêmea	36	43,78 ± 0,73 a	12	41,9 ± 1,25 ab	16	41,31 ± 0,91 b
	Macho	41	41,85 ± 0,68 a	15	41,87 ± 1,03 a	30	39,07 ± 0,6 b
	Ovo - Adulto	77	42,75 ± 0,5 a	27	41,89 ± 0,78 a	46	39,85 ± 0,52 b

Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes diferem entre si ($p < 0,05$). As diferenças entre os tratamentos foram obtidas por meio do teste Bootstrap pareado com 100.000 réplicas.

N = número de espécimes em cada fase de desenvolvimento.

L1 = lagarta de 1º instar, L2 = lagarta de 2º instar, L3 = lagarta de 3º instar, L4 = lagarta de 4º instar, L5 = lagarta de 5º instar.

*Média da história de vida total para machos e fêmeas, em dias, apenas dos insetos que atingiram a fase adulta.

6.2 Taxa de sobrevivência e expectativa de vida *S. frugiperda*

As menores taxas de sobrevivência por idade-estágio específico (S_{xj}) foram durante os estágios larvais, em que os tratamentos com clorpirifós e metoxifenoizida promoveram maior mortalidade dos insetos (Figura 1). Houve reduções durante o ciclo de vida total dos insetos tratados com os inseticidas, com ênfase no tratamento com o produto metoxifenoizida, no qual os insetos tratados não alcançaram os 50 dias de vida (Figura 1).

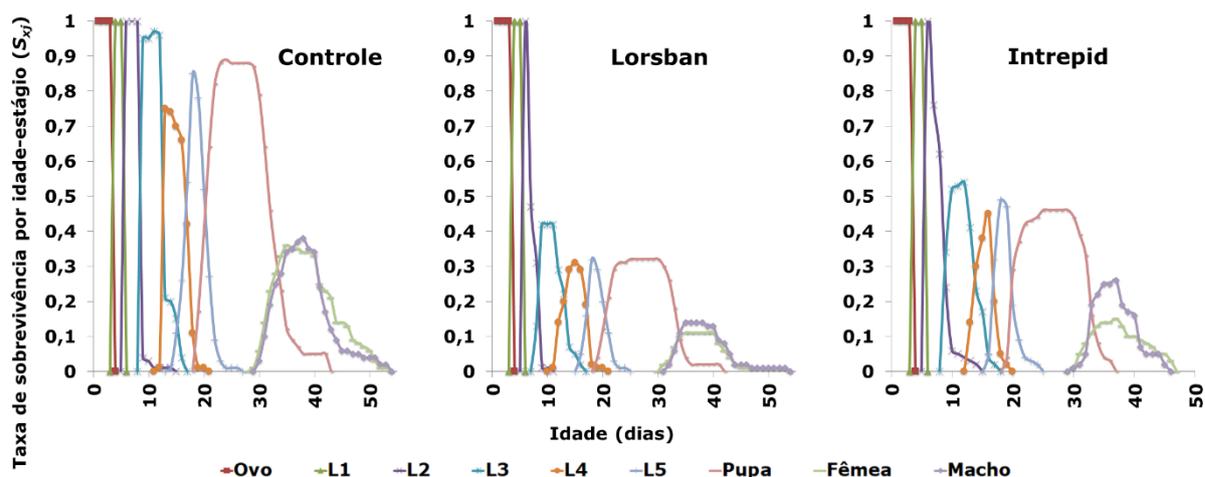


Figura 1. Taxa de sobrevivência por idade-estágio específico (S_{xj}) de *Spodoptera frugiperda* no tratamento controle (água), Lorsban (clorpirifós) e Intrepid (metoxifenoazida).

O parâmetro expectativa de vida (E_{xj}) é o tempo estimado em que um espécime possa viver até a idade x e estágio j . Para o tratamento controle a maior expectativa de vida, ocorreu no estágio de ovo com 39 dias. Para os tratamentos com clorpirifós e metoxifenoazida no estágio de ovo, os valores da expectativa de vida foram de 18 e 23 dias. Entretanto, os maiores valores de E_{xj} alcançados pelos tratamentos com inseticidas foram no estágio L3, de aproximadamente 27 dias. No estágio de pupa, controle e clorpirifós, apresentaram 23 dias enquanto o tratamento com metoxifenoazida foi de 21,84 dias. Com relação aos machos as expectativas de vida foram de 12,64; 10,83 e 9,66 dias, correspondendo respectivamente aos tratamentos controle, clorpirifós e metoxifenoazida. Para as fêmeas, os valores alcançados foram de 11 dias para os tratamentos com ambos os inseticidas e 15,78 dias para o controle (Figura 2).

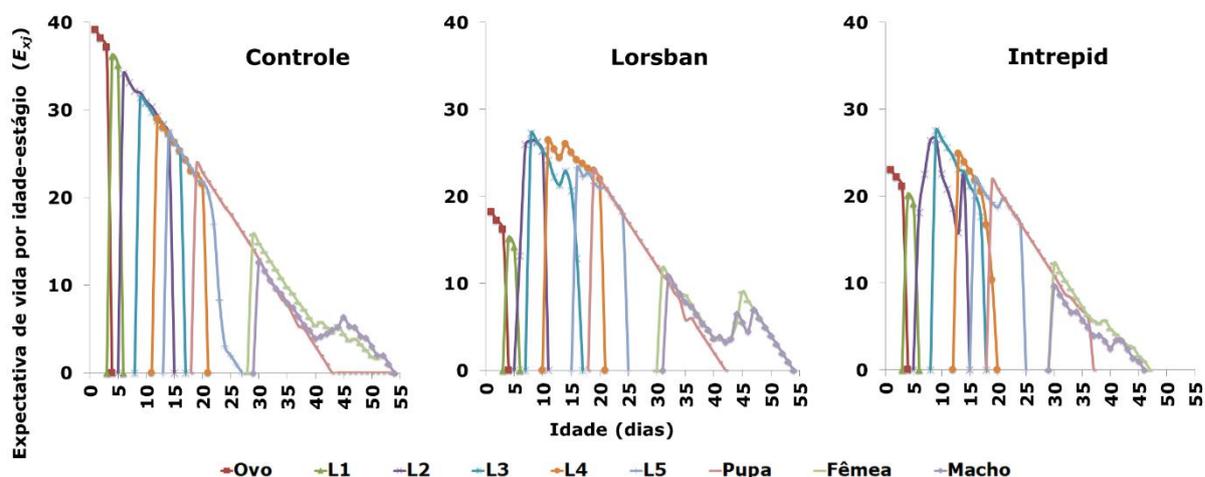


Figura 2. Expectativa de vida por idade-estágio (E_{xj}) de *Spodoptera frugiperda*, no tratamento controle (água), Lorsban (clorpirifós) e Intrepid (metoxifenoizida).

6.3 Parâmetros reprodutivos

A taxa de sobrevivência por idade-estágio específico (l_x) é uma forma simplificada do S_{xj} , que é utilizada na descrição das mudanças na sobrevivência da população de acordo com a idade. Foi observado que a curva do tratamento com clorpirifós para o parâmetro l_x decresceu mais em relação aos demais tratamentos durante o período de avaliação. O parâmetro f_x refere-se à fecundidade média dos espécimes por idade-estágio específico. A fecundidade média foi maior quando utilizou os inseticidas em detrimento da água, para o tratamento com água, foi verificado que as fêmeas ovipositaram no máximo 273 ovos no trigésimo quarto dia e encerram seu ciclo no quinquagésimo dia com 16 ovos. O maior valor médio de oviposição ocorreu para fêmeas tratadas com Clorpirifós com máximo de 610 ovos no trigésimo quinto dia e encerrou seu ciclo de oviposição no quadragésimo terceiro dia com 10 ovos. Por fim, as fêmeas tratadas com Metoxifenoizida atingiram um máximo de 441 ovos no trigésimo quinto dia e encerrou o ciclo de oviposição no quadragésimo quinto dia com 16 ovos (Figura 3).

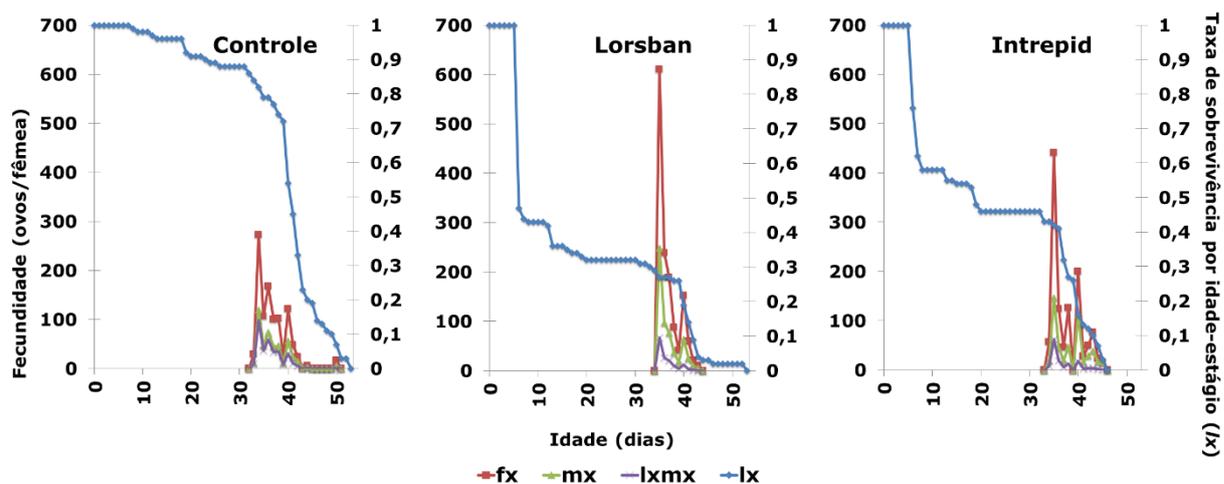


Figura 3. Taxa de sobrevivência por idade-estágio específico (l_x), fecundidade por idade estágio específico (f_x), fecundidade por idade específica (m_x) e maternidade por idade específica ($l_x m_x$) de *Spodoptera frugiperda* nos tratamentos controle (água), Lorsban (clorpirifós) e Intrepid (metoxifenoazida).

Verificou-se que os valores de fecundidade total, fecundidade efetiva, período de pré-oviposição e o período de pré-oviposição total não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Ou seja, os inseticidas não afetaram os valores de fecundidade total, fecundidade efetiva, período de pré-oviposição do adulto e o período de pré-oviposição total (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros reprodutivos de *Spodoptera frugiperda* em diferentes tratamentos com subdoses de inseticidas. Máxima fecundidade diária (MFD), máxima fecundidade total (MFT), período de pré-oviposição do adulto (PPOA) e período de pré-oviposição total (PPOT).

Parâmetros	Água		Lorsban		Intrepid	
	N	Média ± SE	N	Média ± SE	N	Média ± SE
Fecundidade total	36	910 ± 140 a	12	1208 ± 279 a	16	849,9 ± 183,3 a
Fecundidade efetiva	30*	1092 ± 147 a	10*	1450 ± 274 a	14*	971,4 ± 187,7 a
Oviposição (dias)	30*	3,1 ± 0,32 ab	10*	3,7 ± 0,3 a	14*	2,71 ± 0,35 b
PPOA (dias)	30*	5,6 ± 0,79 a	10*	4,3 ± 0,6 a	14*	5,07 ± 0,51 a
PPOT (dias)	30*	36,73 ± 0,65 a	10*	36,2 ± 0,53 a	14*	36,8 ± 0,72 a
MFD (O/F)	-	2770	-	1932	-	1379
MFT (O/F)	-	2981	-	2584	-	2262

*Total de fêmeas que ovipositaram.

Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes com $p < 0,05$.

As diferenças entre os tratamentos foram obtidas por meio do teste Bootstrap pareado com 100.000 réplicas.

O/F = ovos por fêmea

N = número de espécimes para cada parâmetro.

O valor reprodutivo por idade-estágio é a contribuição de um espécime na idade x e estágio j para a população futura (descendência). Para o tratamento com água, a máxima oviposição ocorreu no trigésimo quinto dia com 648 ovos, sendo o último no quinquagésimo dia com 16 ovos. No tratamento com clorpirifós, ocorreu no trigésimo quinto dia com 1121 ovos e o último dia de oviposição foi no quadragésimo terceiro dia com 10 ovos. Para o tratamento com metoxifenoazida foram 676 ovos de máxima no trigésimo quarto dia e o último foi no quadragésimo quinto dia com 16 ovos.

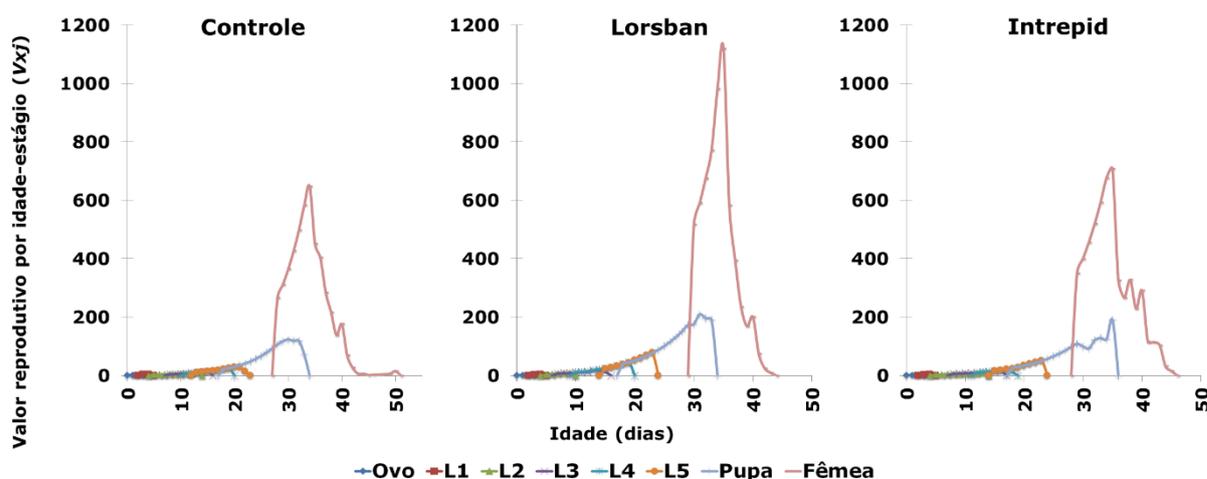


Figura 4. Valor reprodutivo por idade-estágio de desenvolvimento (V_{xj}) de *Spodoptera frugiperda* no tratamento controle (água), Lorsban (clorpirifós) e Intrepid (metoxifenoazida).

6.4 Parâmetros populacionais

Com relação aos parâmetros populacionais analisados, taxa intrínseca de crescimento (r), taxa finita de crescimento (λ) e taxa de reprodução básica (R_0), os insetos tratados com os inseticidas demonstram uma taxa menor em relação ao controle, entretanto, não apresentaram diferença significativa entre si. No parâmetro tempo médio da geração (T) os insetos do tratamento controle (água) apresentaram o menor tempo e os insetos do tratamento com metoxifenoazida, que apresentaram o maior tempo da geração.

Tabela 4. Parâmetros populacionais de *Spodoptera frugiperda* em diferentes tratamentos com inseticidas.

Parâmetros demográficos	Água Média \pm SE	Lorsban Média \pm SE	Intrepid Média \pm SE
Taxa intrínseca de crescimento (r)	0,16 \pm 0,006 a	0,13 \pm 0,01 b	0,13 \pm 0,01 b
Taxa finita de crescimento (λ)	1,17 \pm 0,007 a	1,14 \pm 0,012 b	1,14 \pm 0,01 b
Taxa de reprodução básica (R_0)	327,61 \pm 66,18 a	145 \pm 50,64 b	136 \pm 42,18 b
Tempo médio da geração (T)	36,87 \pm 0,36 a	37,21 \pm 0,38 ab	37,36 \pm 0,53 b

Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes com $p < 0,05$.

As diferenças entre os tratamentos foram obtidas por meio do teste Bootstrap pareado com 100.000 réplicas.

7. Discussão

A *S. frugiperda* possui diversos recursos para manter sua sobrevivência no ambiente de cultivo como a polifagia, alta mobilidade e um sistema de desintoxicação extremamente eficaz. Tais recursos e a pressão de seleção garantem a essa praga a evolução da resistência a inseticidas e toxinas vegetais. Além disso, a plasticidade comportamental e fisiológica eleva mais os seus níveis de resistência (PALLI et al., 2023). A resistência ocorre devido aos erros na forma de manejo, com as aplicações constantes de inseticidas, o que gera uma perda na eficácia das substâncias aplicadas (BURGOS et al., 2023). Largamente utilizado pelos produtores, o controle químico é um dos métodos disponíveis para *S. frugiperda*, que envolve desde tratamentos de semente até aplicações foliares de inseticidas de diferentes grupos químicos que visam a redução da população dessa praga em lavouras (GARAVAZI; PATRONI; DE CARVALHO BALIEIRO, 2020).

Os estudos sobre a tabela de vida de insetos são de extrema importância para a compreensão da dinâmica populacional de uma espécie e, uma vez que ela possibilita uma visão integrada das características biológicas de uma população. Cada espécime presente na tabela de vida expressa sua própria velocidade de desenvolvimento, longevidade e fecundidade, os quais são apresentados em termos médios da população (DA ROSA et al., 2012; CHI et al., 2023). A indução de efeitos fisiológicos e comportamentais pode ocorrer devido à exposição a doses subletais de inseticidas, os quais podem alterar a duração dos estágios de desenvolvimento, o histórico de vida, a fecundidade dos espécimes, proporção sexual, pupação, emergência e oviposição. Desse modo, é indispensável entender os efeitos subletais dos inseticidas a fim de favorecer a eficácia dos produtos e otimizar as estratégias do manejo de pragas (GUEDES et al., 2016; ZHANG et al., 2023).

Durante o período larval verificou-se uma diferença significativa no tratamento com clorpirifós e controle, em que o tratamento com o inseticida alongou o período larval. Gao et al. (2021); reportaram que lagartas de *S. frugiperda* tratadas com subdoses de spinetoram prolongaram o período larval dos insetos tratados em relação aos insetos do tratamento controle com apenas água. Esse aumento no período larval pode ser ocasionado pela aplicação da subdose do inseticida, na qual reduziu o efeito do produto, atrasando o contato deste com o sistema nervoso do inseto (DO NASCIMENTO et al., 2023). O modo de ação do inseticida também pode ter interferência no desenvolvimento dos insetos tratados, o clorpirifós atua inibindo a acetilcolinesterase por meio da fosforilação da enzima (NAVARRO-ROLDÁN et al., 2017), o que leva ao acúmulo de acetilcolina no sistema nervoso central, resultando em

superestimulação e até mesmo bloqueio dos nervos (MARTINS; TOMQUELSKI, 2015). A acetilcolina desempenha um papel crucial na transmissão do impulso nervoso em diferentes partes do corpo, como músculo esquelético e cérebro. O bloqueio resulta em convulsões e, eventualmente, leva o inseto à morte (GILANI et al., 2016).

Nos parâmetros de longevidade dos adultos e ciclo de vida, foi possível visualizar uma diferença significativa entre clorpirifós e quando metoxifenoazida, o qual apresentou uma menor longevidade e conseqüentemente a redução do ciclo de vida dos insetos. Pode-se inferir que essa redução está associada ao modo de ação do inseticida, o qual está relacionado à ligação aos receptores de ecdisteróides, atuando como um agonista do hormônio ecdisona (HANNIG; ZIEGLER; MARCON, 2009). Esse processo promove a aceleração da ecdise, resultando em uma muda precoce e anormal. Como consequência, o período normal de desenvolvimento do inseto pode ser reduzido, encurtando seu ciclo, como foi observado em nosso estudo (STORCH et al., 2017; ZARATE et al., 2011).

No presente trabalho pôde-se observar que para o parâmetro fecundidade efetiva, que as fêmeas do tratamento contendo inseticidas, mesmo em menor número, conseguiram ovipositar a mesma quantidade de ovos quando comparado com as fêmeas do tratamento contendo apenas água. Resultados semelhantes foram verificados no trabalho de Wu et al. (2022), em que a fecundidade das fêmeas tratadas com subdose de dinotefurano (CL₃₀) foi em média de 580 ovos por fêmea, a qual não teve diferença significativa quando comparada com as fêmeas tratadas com água. As aplicações de subdoses promovem distúrbios biológicos no inseto que são classificados como hormese. Segundo Calabrese e Baldwin (2001) a hormese é um recurso adaptativo, que se inicia como uma solução de sobrecompensação após a perturbação da homeostase e aos danos associadas ao baixo estresse causado por um inseticida. Ou seja, os processos biológicos quando desestabilizados por um estressor agem rapidamente para restaurar os danos e redefinir os pontos de ajuste homeostáticos (CUTLER et al., 2022). Essa compensação pode acontecer mais levemente ou ultrapassar os níveis naturais para assegurar que o reparo seja finalizado com eficiência (GUEDES; RIX; CUTLER, 2022).

Nos parâmetros demográficos, os insetos tratados com os inseticidas apresentaram uma diferença significativa para os insetos tratados com água. Entretanto, foi possível visualizar que mesmo com essa diferença as populações dos tratamentos com inseticidas mantiveram-se em aumento. Semelhanças foram observadas no trabalho de Akthar et al. (2022), em que os parâmetros demográficos de *S. frugiperda* tratadas com subdose de

clorantroliniprole (CL₂₅) tiveram uma diferença significativa quando comparados com os insetos do tratamento controle contendo apenas água, mas também as populações aumentaram ao longo dos dias. Isso pode acontecer uma vez que a utilização de subdoses de inseticidas e a exposição a baixos níveis de estresse causados por esses produtos tendem a estimular mecanismos de proteção em insetos, visando facilitar sua recuperação e aumentar a probabilidade de sobrevivência (AGATHOKLEOUS et al., 2022). Esse aprimoramento no desempenho individual ocorre por meio do aumento da absorção de energia disponibilizada pelo ambiente, favorecendo assim a reprodução e o crescimento da taxa populacional (GUEDES; CUTLER, 2014).

O controle químico é uma ferramenta indispensável no manejo de pragas para o setor agrícola brasileiro e com a condução desse estudo, pode-se observar que as subdoses de inseticidas podem ocasionar resultados divergentes do esperado. Por meio de nossos resultados podemos comprovar que *S. frugiperda* apresenta uma alta adaptabilidade, a qual pode ser reduzida com a aplicação da dosagem correta dos produtos e implementação de novas técnicas de controle. Dessa maneira, acredita-se que seja possível minimizar o aparecimento de populações resistentes aos inseticidas.

8. Conclusão

Os insetos tratados com subdose dos inseticidas Lorsban 480BR (Clorpirifós) e Intrepid 240SC (Metoxifenoazida), causam altas taxas de mortalidade, porém os insetos sobreviventes após a aplicação dos produtos são capazes de se desenvolverem e reproduzirem, gerando grande número de descendentes.

Referências bibliográficas

- AGATHOKLEOUS, E., GUEDES, R. N. C., CALABRESE, E. J., FOTOPOULOS, V., AZEVEDO, R. A. Transgenerational hormesis: what do parents sacrifice for their offspring? **Current Opinion in Environmental Science and Health**, v. 29, p. 100380, 2022.
- AKHTAR, Z. R. et al. Lethal, Sub-Lethal and Trans-Generational Effects of Chlorantraniliprole on Biological Parameters, Demographic Traits, and Fitness Costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Insects**, v. 13, n. 10, p. 881, 2022.
- AKKÖPRÜ, E. P. et al. Demographic assessment of plant cultivar resistance to insect pests: a case study of the dusky-veined walnut aphid (Hemiptera: Callaphididae) on five walnut cultivars. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 2, p. 378-387, 2015.
- ARTUZO, F. D., FOGUESATTO, C. R., MACHADO, J. A. D., DE OLIVEIRA, L., DE SOUZA, Â. R. L. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.
- BARCELOS, P. H. S., ANGELINI, M. R. Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias *Bts* (*Bacillus thuringiensis*) na cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 35-40, 2018.
- BEZERRA, I. R. S., BARBOSA, J. P. F., DOS SANTOS, R. L. V., DE ALMEIDA LEITE, R., BRITO, D. R., BRITO, D. B. Effect of different drip irrigation depths on the damage of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in corn hybrids (*Zea mays L.*). **Revista Ambientale**, v. 11, n. 2, p. 42-47, 2019.
- BURGOS, M. A. V., PADILLA, D. V. S., JARAMILLO, W. A. P., BUSTAMANTE, L. C. Resistência de *Spodoptera frugiperda* Smith aos inseticidas fipronil, permetrina, lufenuron e metomil: Resistance of *Spodoptera frugiperda* Smith to the insecticides fipronil, permethrin, lufenuron and methomyl. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 3, p. 2452-2464, 2023.
- CALABRESE¹, E. J., BALDWIN, L. A. Hormesis: a generalizable and unifying hypothesis. **Critical reviews in toxicology**, v. 31, n. 4-5, p. 353-424, 2001.
- CESSA, R. M. A., DE MELO, E. P., DE LIMA JUNIOR, I. D. S. Mortalidade de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepdoptera: noctuidae) alimentadas com folhas de milho e feijoeiro imersas em soluções contendo inseticidas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 1, 2013.
- CHI, H. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis (Version 2020.01.12). Disponível em: Acesso em 28 de jan. de 2023, 2020.
- CHI, H., KAVOUSI, A., GHAREKHANI, G., ATLIHAN, R., ÖZGÖKÇE, M. S., GÜNCAN, A. Advances in theory, data analysis, and application of the age-stage, two-sex life table for demographic research, biological control, and pest management. **Entomologia Generalis**, v. 43, p. 705-732, 2023.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 8 oitavo levantamento,**

maio 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>> Acesso em 17 de maio de 2023.

COUTINHO, C. F. et al. Pesticidas: mecanismo de ação, degradação e toxidez. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 15, p. 65- 72, 2005.

CROWLEY, P. H. Resampling methods for data analysis in computation-intensive ecology and evolution. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 23, p. 405-447, 1992.

CUTLER, G. C. et al. Hormesis and insects: Effects and interactions in agroecosystems. **Science of the Total Environment**, v. 825, p. 153899, 2022.

DA ROSA, A. P. A., TRECHA, C. O., ALVES, A. C., GARCIA, L., GONÇALVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) em linhagens de milho. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, p. 39-45, 2012.

DE OLIVEIRA, H. F., NUNES, J. Eficiência de inseticidas no controle de *Spodoptera frugiperda* na cultura da soja. **Revista Cultivando O Saber**, p. 156-168, 2017.

DE SOUZA, A. E., DOS REIS, J. G. M., RAYMUNDO, J. C., PINTO, R. S. Estudo da produção do milho no Brasil. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 182, 2018.

DO NASCIMENTO, A. R. B., RODRIGUES, J. G., KANNO, R. H., DE AMARAL, F. S. A. E., MALAQUIAS, J. B., SILVA-BRANDÃO, K. L., CÔNSOLI, F. L., OMOTO, C. Susceptibility monitoring and comparative gene expression of susceptible and resistant strains of *Spodoptera frugiperda* to lambda-cyhalothrin and chlorpyrifos. **Pest Management Science**, v. 79, p. 2206- 2219, 2023.

DOS SANTOS, J. R., DE FREITAS MAIA, A. G., DA COSTA, A. F., DE GODOY, M. S., SILVA, R. I. R. Eficiência de métodos de controle na supressão da *Spodoptera frugiperda* (Smith) na cultura do milho. **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, p. 7-13, 2018.

EFRON, B., TIBSHIRANI, R.J. An Introduction to the Bootstrap. **Chapman & Hall**. New York, v. 436, 1993.

FERREIRA, J. C., MENDES, E. R. F. Silicato de potássio como fonte de nutriente e resistência do milho (*Zea mays L.*) a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* Potassium silicate as nutrient source and resistance of maize (*Zea mays L.*) to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 6, p. 42979-42994, 2022.

GAO, Z., CHEN, Y., HE, K., GUO, J., WANG, Z. Sublethal effects of the microbial-derived insecticide spinetoram on the growth and fecundity of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 4, p. 1582-1587, 2021.

GARAVAZI, F., PATRONI, B. H., DE CARVALHO BALIEIRO, C. Comparativo do controle biológico e químico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho. **Revista Ensaios Pioneiros**, v. 4, n. 1, p. 89-98, 2020.

GARLET, C. G. Genética da resistência de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) a clorpirifós e resistência cruzada com outros inseticidas. Dissertação, UFSM, Santa Maria, 2022.

GILANI, R. A., RAFIQUE, M., REHMAN, A., MUNIS, M. F. H., REHMAN, S. U., CHAUDHARY, H. J. Biodegradation of chlorpyrifos by bacterial genus *Pseudomonas*. **Journal of basic microbiology**, v. 56, n. 2, p. 105-119, 2016.

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**, v. 61, p. 43-62, 2016.

GUEDES, R. N. C., RIX, R. R., CUTLER, G. C. Christopher. Pesticide-induced hormesis in arthropods: Towards biological systems. **Current Opinion in Toxicology**, v. 29, p. 43-50, 2022.

GUEDES, R. N. C., BIONDI, A., AGATHOKLEOUS, E., NUNES-NESE, A. Systemic Insecticides in Plants: Phytotoxicity, Bioactivation, or Hormesis? **Agriculture Communications**, p. 100002, 2023.

GUEDES, R. N. C., CUTLER, G. C. Christopher. Insecticide-induced hormesis and arthropod pest management. **Pest Management Science**, v. 70, n. 5, p. 690-697, 2014.

GUERREIRO, J. C., CAMOLESE, P. H., BUSOLI, A. C. Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 4, p. 275-285, 2013.

HANNIG, G. T., ZIEGLER, M., MARCON, P. G. Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 65, n. 9, p. 969-974, 2009.

HESTERBERG, T. et al. Bootstrap methods and permutation tests, in: Moore, D.S, McCabe, G.P., Duckworth, W.M., Sclove, S.L., (Eds.). *The Practice of Business Statistics*. W. H. Freeman and Company, New York, 2005.

HUANG, Y.B., CHI, H. The age-stage, two-sex life table with an offspring sex ratio 583 dependent on female age. **Journal of Agriculture and Forestry**. v. 60, p. 337-345, 2011.

JUNIOR, D. Características físico-químicas de baculovírus *spodoptera* e a compatibilidade com produtos fitossanitários para o manejo integrado de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Tese, UNESP, Botucatu, 2020.

KENIS, M. et al. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Entomologia Generalis**, 2022.

LI, T. H., MA, Y., HOU, Y. Y., NKUNIKA, P. O., DESNEUX, N., ZANG, L. S. Variation in egg mass scale thickness of three *Spodoptera* species and its effects on egg parasitoid performance. **Journal of Pest Science**, p. 1-10, 2023.

- LOPES, M. A. O., SOARES, M. D. L. S. Influência da altura de corte na qualidade da silagem de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia| RBGE| ISSN 2237-1664**, v. 13, n. 1, 2022.
- MARCHIORO, S. T., FERNANDES, A. P., POMARI, A. C. P., SEBBEN, M. F. Mortalidade e Canibalismo de *Spodoptera frugiperda* em Milho Tratado com Silício. **Cadernos de Agroecologia**, v. 14, n. 1, 2019.
- MARTINS, G. L. M., TOMQUELSKI, G. V. Eficiência de inseticidas no controle de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 4, p. 25-30, 2015.
- MELO, E. P. D., FERNANDES, M. G., DEGRANDE, P. E., CESSA, R., SALOMÃO, J. L., NOGUEIRA, R. F. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 689-697, 2006.
- MICHELOTTO, M. D., FINOTO, E. L., MARTINS, A. L. M., DUARTE, A. Interação entre transgênicos (*Bt*) e inseticidas no controle de pragas-chave em híbridos de milho-safrinha. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, p. 71-79, 2020.
- MORAES, A. R. A. D., LOURENÇÃO, A. L., PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, v. 74, p. 50-57, 2015.
- MORTATE, R. K., NASCIMENTO, E. F., DE SOUZA GONÇALVES, E. G., DE PAULA LIMA, M. W. Resposta do milho (*Zea mays L.*) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2018.
- NAIS, J. Infestação de *Spodoptera frugiperda* e *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) em híbridos comerciais de milho (*Zea mays L.*). Tese, **UNESP**, Jaboticabal, 2012.
- NARDINO, M. et al. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays L.*) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 164-174, 2017.
- NAVARRO-ROLDÁN, M. A., AVILLA, J., BOSCH, D., VALLS, J., GEMENO, C. Comparative effect of three neurotoxic insecticides with different modes of action on adult males and females of three tortricid moth pests. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 4, p. 1740-1749, 2017.
- PALLI, S. R., BIONDI, A., DESNEUX, N., DU PLESSIS, H., LE GOFF, G., VOLKOFF, A. N. The fall armyworm: recent advances in biology and management. **Journal of Pest Science**, p. 1-3, 2023.
- PANIZZI, A. R., & PARRA, J. R. P. Introdução à bioecologia e nutrição de insetos como base para manejo integrado de pragas. Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas. **USP**, Piracicaba, p.1164, 2009.
- PARANHOS, B. J., NAVA, D. E., & MALAVASI, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e26037, 2019.

PENA, M. F., AMARAL, E. H., VON SPERLING, E., CRUZ, I. Método para determinação de resíduos de clorpirifós em alfaca por cromatografia a líquido de alta eficiência. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 37-44, 2003.

PUBCHEM. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em 13 de junho de 2023.

SCOTON, A. M. N. Comportamento e danos de lagartas *Spodoptera frugiperda* (JE SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na soja *Glycine max* (L.) Merrill. Dissertação, UFGD, Dourados, 2022.

SILVA, C. L. T., CORRÊA, F., DE JESUS PINTO, A. F., DA SILVA, F. C., DE JESUS, F. G., EDUCAÇÃO, C., URUTAÍ, T. G. C. Genótipos de milho resistentes e diferentes estratégias no controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pós-graduação em Produção Vegetal**, v. 14, p. 62-65, 2017.

SILVA, L. E. B., DE SALES SILVA, J. C., DE SOUZA, W. C. L., LIMA, L. L. C., DOS SANTOS, R. L. V. Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 2020.

SILVEIRA, D. C., MONTEIRO, V. B., TRAGNAGO, J. L., BONETTI, L. P. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência & Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 01-11, 2015.

SMUCKER, M. D., ALLAN, J., CARTERETTE, B. A comparison of statistical significance tests for information retrieval evaluation. In: **Proceedings of the sixteenth ACM conference on Conference on information and knowledge management**. p. 623-632, 2007.

SPADA, C. A et al. Seleção de linhagens de milho para produção de forragem, caracterização dos componentes da planta e fatores ambientais: uma revisão. **Peer Review**, v. 5, n. 14, p. 264-277, 2023.

STORCH, G., LOECK, A. E., MAGANO, D. A., REMOR, M. B. Linha básica de suscetibilidade da lagarta militar a inseticidas por ingestão na cultura do milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 71-82, 2017.

TRINDADE, R. B., FERNANDES, M. G., OLIVEIRA, A. C., MARTINS, P. H. A. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, noctuidae) em milho convencional e *Bt*. **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 2, p. 89-93, 2017.

USDA. **Grain: World Markets and Trade**. Washington, DC: USDA (2020, Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>. Acesso em 28 de junho de 2023.

WONDIMU, A., PETROS, B., ASFAW, Z., & WOLDEHAWARIAT, Y. Prevalence and impacts of fall army worms (*Spodoptera frugiperda*) on maize (*Zea mays*) production and productivity in Ethiopia. **ISABB Journal of Food and Agricultural Sciences**, v. 10, n. 2, p. 21-27, 2021.

WU, H. M et al. Sublethal effects of three insecticides on development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Agronomy**, v. 12, n. 6, p. 1334, 2022.

YU, L. et al. Demographic analysis, a comparison of the jackknife and bootstrap methods, and predation projection: a case study of *Chrysopa pallens* (Neuroptera:Chrysopidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 1, p. 1-9, 2013.

ZARATE, N. et al. Lethal and sublethal effects of methoxyfenozide on the development, survival and reproduction of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 129-137, 2011.

ZHANG, X., HU, C., WU, L., CHEN, W. Transgenerational Sublethal Effects of Chlorantraniliprole and Emamectin Benzoate on the Development and Reproduction of *Spodoptera frugiperda*. **Insects**, v. 14, n. 6, p. 537, 2023.