



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
UENP - CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO AGRONOMIA

MILLENA DOS SANTOS RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DO TEOR PROTEICO DA DIETA NA
BIOLOGIA DE LAGARTAS DO COMPLEXO *Spodoptera*
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

BANDEIRANTES - PR

FEVEREIRO/2024

MILLENA DOS SANTOS RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DO TEOR PROTEICO DA DIETA NA
BIOLOGIA DE LAGARTAS DO COMPLEXO *Spodoptera*
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado
em Agronomia, da Universidade Estadual do
Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Jael Simões Santos Rando.

BANDEIRANTES - PR

FEVEREIRO/2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

R6962i Rodrigues, Millena dos Santos.
Influência do teor proteico da dieta na biologia de lagartas do complexo *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) / Millena dos Santos Rodrigues. – 2024.
46 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Jael Simões Santos Rando.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2024.
Inclui bibliografia.

1. Insetos (nutrição) - Dissertação. 2. Proteínas (dieta) - Dissertação. 3. Criação massal - Dissertação. 4. Ínstar (estágio larval) - Dissertação. 5. Cápsula cefálica. 6. Controle de pragas (Agricultura). I. Rando, Jael Simões Santos. II. Universidade Estadual do Norte do Paraná. Campus Luiz Meneghel. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Agronomia. III. Título.

CDD: 632 (22. ed.)

MILLENA DOS SANTOS RODRIGUES

**INFLUÊNCIA DO TEOR PROTEICO DA DIETA NA
BIOLOGIA DE LAGARTAS DO COMPLEXO *Spodoptera*
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado
em Agronomia, da Universidade Estadual do
Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Aprovada em: 26 de fevereiro de 2024.

Comissão Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Jael Simões Santos Rando

UENP/CLM

Prof.^a Dr.^a Laila Herta Mihsfeldt

UENP/CLM

Prof.^a Dr.^a Eliane Dias Quintela

Embrapa Arroz e Feijão



Prof.^a Dr.^a Jael Simões Santos Rando.

Orientadora

Universidade Estadual do Norte do Paraná

Campus Luiz Meneghel

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela proteção e pelas bênçãos recebidas;

Aos meus pais, Kéllen e Ruberson e à minha irmã Mariana, que sempre me incentivam e não medem esforços para me ajudar no que for preciso;

À professora Dr.^a Jael Simões Santos Rando, pela orientação, dedicação, paciência e amizade;

À professora Dr.^a Laila Herta Mihsfeldt, por ter cedido prontamente o laboratório de Entomologia para o desenvolvimento deste trabalho;

Às professoras Dr.^a Gabriela Vieira Silva e Dr.^a Eliane Dias Quintela por terem aceitado participar das minhas bancas de Qualificação e Defesa e por contribuírem com esta dissertação.

À Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP/CLM) e ao Programa de Mestrado em Agronomia, pela oportunidade da realização deste curso;

Aos companheiros de laboratório e amigos Paulo Guilherme Rolim, Jader Barros, Pedro Passos, Marcos Inoue, Lilian Ciró e Victor Matsui, por toda a ajuda recebida durante o desenvolvimento do trabalho;

À minha amiga de turma Nathália Costalonga, pela parceria e pelos bons momentos compartilhados durante a pós-graduação;

A todos aqueles que de certa forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RODRIGUES, M. dos S. **Influência do teor proteico da dieta na biologia de lagartas do complexo *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2024. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2024.

RESUMO

Spodoptera frugiperda, *S. eridania* e *S. cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) são pragas polífitas de grande relevância econômica devido aos danos causados em culturas como milho, soja e algodão. Para o desenvolvimento de programas de controle, é fundamental o conhecimento da biologia e das exigências nutricionais dos insetos. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar parâmetros biológicos de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* criadas em dietas artificiais contendo diferentes teores de proteína em condições de laboratório (24 ± 2 °C, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h). Foram utilizadas quatro dietas artificiais: dieta descrita por Greene *et al.* (1976) (D1) e outras três modificadas, com redução dos componentes proteicos germen de trigo, proteína de soja, levedura de cerveja e leite em pó (caseína), em 25% (D2), 50% (D3) e 75% (D4). Foram avaliados: viabilidade e duração das fases larval e pupal, peso de pupas com 24h, viabilidade e longevidade de adultos, fecundidade e viabilidade de ovos. Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis seguido de teste de significância ajustado por Bonferroni ao nível de significância de 0,05. Para avaliar a influência das dietas com diferentes teores proteicos sobre o número de ínstar de cada espécie, foi feita a medição diária da cápsula cefálica das lagartas através do uso de microscópio digital e do software SFP. Posteriormente foi plotada uma curva multimodal da distribuição de frequência, seguida de regressão linear para confirmação do número de ínstar. Para *S. frugiperda* e *S. eridania*, as dietas D1 e D2 resultaram em viabilidades e parâmetros biológicos semelhantes, enquanto para *S. cosmioides* a dieta mais adequada foi a D1. As dietas D1, D2 e D3 apresentaram fase larval com seis ínstar para as três espécies. A dieta artificial com redução de 25% no teor proteico (D2) apresenta potencial de utilização em criações de laboratório para as espécies *S. frugiperda* e *S. eridania*.

Palavras-chave: nutrição de insetos; proteínas; criação massal; ínstar; cápsula cefálica.

RODRIGUES, M. dos S. **Influence of dietary protein content on the biology of *Spodoptera complex caterpillars* (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2024. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2024.

ABSTRACT

Spodoptera frugiperda, *S. eridania* and *S. cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) are polyphagous pests of economic relevance due to the damage caused to crops such as corn, soybean and cotton. For the development of control programs, knowledge of the biology and nutritional needs of insects is essential. In this context, the aim of this study was to evaluate biological parameters of *S. frugiperda*, *S. eridania* and *S. cosmioides* reared on artificial diets containing different protein levels under laboratory conditions (24 ± 2 °C, $70\pm 10\%$ RH and 14h photophase). Four artificial diets were used: diet described by Greene *et al.* (1976) (D1) and three other modified ones, with reduction of the protein components wheat germ, soy protein, brewer's yeast and powdered milk (casein), by 25% (D2), 50% (D3) and 75% (D4). The parameters evaluated were: viability and duration of the larval and pupal stages, weight of pupae at 24h, viability and longevity of adults, fecundity and egg viability. The data were subjected to the Kruskal-Wallis non-parametric test followed by a Bonferroni-adjusted significance test at a significance level of 0.05. To evaluate the influence of diets with different protein contents on the number of instars of each species, the caterpillars' cephalic capsule was measured daily using a digital microscope and SFP software. Subsequently, a multimodal frequency distribution curve was plotted, followed by linear regression to confirm the number of instars. For *S. frugiperda* and *S. eridania*, diets D1 and D2 resulted in similar viabilities and biological parameters, while for *S. cosmioides* the most suitable diet was D1. Diets D1, D2 and D3 presented a larval stage with six instars for the three species. The artificial diet with a 25% reduction in protein content (D2) has potential for use in laboratory rearing for the species *S. frugiperda* and *S. eridania*.

Keywords: insect nutrition; protein; mass rearing; instar; cephalic capsule.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas artificiais utilizadas para criação de <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>S. eridania</i> e <i>S. cosmioides</i> em laboratório.	19
Tabela 2. Viabilidade (%) das fases larval, pupal e adulta e dos ovos de <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>S. eridania</i> e <i>S. cosmioides</i> alimentadas com dietas artificiais com diferentes teores proteicos mantidas em laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h)...	23
Tabela 3. Média e erro padrão dos parâmetros biológicos das fases larval, pupal e adulta de <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>S. eridania</i> e <i>S. cosmioides</i> alimentadas com dietas artificiais com diferentes teores proteicos mantidas em laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h).....	25
Tabela 4. Número de ínstars, amplitude e média da largura da cápsula cefálica (mm), intervalo de confiança (IC), duração dos ínstars (dias) e razão de crescimento (K) de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com dietas artificiais contendo diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h).	32
Tabela 5. Número de ínstars, amplitude e média da largura da cápsula cefálica (mm), intervalo de confiança (IC), duração dos ínstars (dias) e razão de crescimento (K) de lagartas de <i>Spodoptera eridania</i> alimentadas com dietas artificiais contendo diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h).....	34
Tabela 6. Número de ínstars, amplitude e média da largura da cápsula cefálica (mm), intervalo de confiança (IC), duração dos ínstars (dias) e razão de crescimento (K) de lagartas de <i>Spodoptera cosmioides</i> alimentadas com dietas artificiais contendo diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h).	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (A), <i>S. eridania</i> (B) e <i>S. cosmioides</i> (C). ...	12
Figura 2. Fases de desenvolvimento de <i>Spodoptera frugiperda</i> . Ovos (A), lagarta (B), pupa (C), adulto macho (D), adulto fêmea (E).....	14
Figura 3. Fases de desenvolvimento de <i>Spodoptera eridania</i> . Ovos (A), lagarta (B), pupa (C), adultos com diferentes padrões nas asas anteriores (D e E).....	15
Figura 4. Fases de desenvolvimento de <i>Spodoptera cosmioides</i> . Ovos (A), lagarta (B), pupa (C), adulto macho (D), adulto fêmea (E).....	16
Figura 5. Medição de cápsulas cefálicas de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> de primeiro ínstar (à esquerda) e terceiro ínstar (à direita) através do software SFP.	21
Figura 6. Pupas deformadas de <i>Spodoptera frugiperda</i> mantidas em dieta artificial de Greene et al. (1976) com redução de 75% no teor de proteína.	27
Figura 7. Curva de distribuição multimodal de larguras de cápsula cefálica (mm) de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com dietas com diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h). A: dieta artificial de Greene et al. (1976) (n=70). B: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico (n=70). C: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico (n=75). As setas indicam os prováveis ínstars.	31
Figura 8. Curva de distribuição multimodal de larguras de cápsula cefálica (mm) de lagartas de <i>Spodoptera eridania</i> alimentadas com dietas com diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h). A: dieta artificial de Greene et al. (1976) (n=75). B: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico (n=80). C: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico (n=90). As setas indicam os prováveis ínstars.	33
Figura 9. Curva de distribuição multimodal de larguras de cápsula cefálica (mm) de lagartas de <i>Spodoptera cosmioides</i> alimentadas com dietas com diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h). A: dieta artificial de Greene et al. (1976) (n=80). B: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico (n=75). C: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico (n=85). As setas indicam os prováveis ínstars.	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Complexo <i>Spodoptera</i>	12
2.1.1 <i>Spodoptera frugiperda</i>	13
2.1.2 <i>Spodoptera eridania</i>	14
2.1.3 <i>Spodoptera cosmioides</i>	15
2.2 Criação de insetos.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Avaliação da viabilidade e parâmetros biológicos	19
3.2 Avaliação do número de ínstars.....	20
3.3 Análise dos dados	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Viabilidade e parâmetros biológicos	23
4.2 Número de ínstars	28
5. CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Entre as espécies do gênero *Spodoptera*, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), *Spodoptera eridania* (Stoll, 1782) e *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) são consideradas pragas de grande relevância em diversas culturas de importância econômica nas Américas. As lagartas são polípagas e apresentam alto potencial de desfolha e destruição de estruturas reprodutivas (Parra *et al.*, 2022; Bordin *et al.*, 2023). No Brasil, são conhecidas como “complexo *Spodoptera*” e causam prejuízos principalmente nas culturas do milho, da soja e do algodão (Parra *et al.*, 2022).

Atualmente, as lagartas *Spodoptera* são controladas principalmente através do uso intensivo de inseticidas e plantas modificadas geneticamente, o que pode resultar na seleção de populações resistentes (Palli *et al.* 2023; Ribas *et al.* 2022). Para aumentar a eficiência do controle destes insetos, é essencial o desenvolvimento de novas estratégias baseadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Mamahit; Kolondam, 2023).

A caracterização e quantificação de parâmetros biológicos, exigências nutricionais e comportamento de insetos são fundamentais no desenvolvimento de programas de MIP. Esses estudos são facilitados pela disponibilidade de insetos provenientes de criação massal em condições de laboratório (Panizzi; Parra, 2013). Dessa forma, são necessárias pesquisas visando o desenvolvimento de metodologias de criação capazes de fornecer um número suficiente e contínuo de indivíduos com boa qualidade biológica, utilizando dietas artificiais (Silva; Parra, 2013; Truzi *et al.*, 2021).

Em uma dieta de insetos herbívoros, os componentes nutricionais mais importantes são os teores de proteína e carboidrato, e principalmente suas proporções, visto que estes componentes são fundamentais para o crescimento, desenvolvimento, reprodução e sobrevivência do inseto, além de fazerem parte da composição de enzimas e hormônios (Sarate *et al.* 2012; Bayrak *et al.*, 2023). O impacto da proporção desses nutrientes no desenvolvimento do inseto durante o período larval pode ser positivo ou negativo, podendo alterar os parâmetros biológicos do inseto adulto, como sua capacidade reprodutiva (Panizzi; Parra, 2013).

A influência da quantidade e da proporção de nutrientes, como as proteínas, sobre o desenvolvimento do complexo *Spodoptera* ainda é um tema pouco explorado. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar parâmetros biológicos de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* mantidas em dietas artificiais contendo diferentes teores proteicos em condições de laboratório.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Complexo *Spodoptera*

O gênero *Spodoptera* (Guenée, 1852) pertence à ordem Lepidoptera e à família Noctuidae, sendo portanto, um inseto holometabólico, apresentando as fases de ovo, lagarta, pupa e adulto (Gallo *et al.*, 2002). Possui distribuição cosmopolita e abrange algumas das principais espécies de lagartas consideradas pragas agrícolas. São reconhecidas 30 espécies pertencentes ao gênero *Spodoptera*, das quais 15 são consideradas pragas de culturas de interesse econômico (Pogue, 2002), atacando culturas de grãos, hortaliças e frutíferas, além de pastagens e plantas daninhas durante a fase larval (Montezano *et al.*, 2014; Specht; Roque-Specht, 2016; Montezano *et al.*, 2018).

Características biológicas como polifagia, elevada capacidade reprodutiva, facilidade de dispersão de adultos, assim como elevado número de gerações por ano permitem que o gênero *Spodoptera* alcance altas taxas de infestação nas culturas onde é capaz de se desenvolver (Horikoshi *et al.*, 2016).

As espécies *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* são originárias das Américas (Pogue, 2002). No Brasil, essas lagartas são conhecidas como “complexo *Spodoptera*” (Figura 1) e apresentam grande relevância devido aos danos causados principalmente nas culturas do milho, da soja e do algodão, atacando durante as fases vegetativa e reprodutiva das plantas (Dos Santos *et al.*, 2010; Miranda, 2010; Sosa-Gómez *et al.*, 2014; Valicente, 2015; Justus *et al.*, 2022). Essas culturas são cultivadas frequentemente no sistema “sucessão de culturas”, permitindo a disponibilidade contínua de alimento e facilitando a permanência das pragas nas áreas cultivadas (Bernardi *et al.*, 2014; Horikoshi *et al.*, 2021).



Figura 1. Lagartas de *Spodoptera frugiperda* (A), *S. eridania* (B) e *S. cosmioides* (C).

Fotos: James Castner (A), Lyle J. Buss (B), Adeney de Freitas Bueno (C).

O controle químico com inseticidas organofosforados, carbamatos e piretroides e a utilização de plantas transgênicas com toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) têm sido as principais estratégias de controle para o gênero *Spodoptera* no Brasil (Bernardi *et al.*, 2014). Porém, devido à alta frequência de aplicação de inseticidas químicos e exposição contínua às plantas transgênicas, as lagartas do gênero *Spodoptera* têm apresentado resistência à essas formas de controle (Diez-Rodríguez; Omoto, 2001; Carvalho *et al.*, 2013; Omoto *et al.*, 2016; Horikoshi *et al.* 2021). Dessa forma, faz-se necessária a adoção de estratégias alternativas para o manejo do complexo *Spodoptera* (Bernardi *et al.*, 2014).

2.1.1 *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida popularmente como lagarta-do-cartucho-do-milho ou lagarta-militar, é considerada uma das principais pragas da cultura do milho (Nagoshi; Meagher, 2022). Essa espécie também se alimenta de diversas culturas de importância agrícola, como sorgo, soja, arroz, algodão, entre outras 353 espécies de plantas, pertencentes a 76 famílias (Montezano *et al.*, 2018).

Os ovos de *S. frugiperda* são colocados em camadas, cobertos com escamas, geralmente com 100 a 200 ovos por massa, e a produção total por fêmea varia entre 1.500 a mais de 2.000 ovos (Huesing *et al.*, 2018).

Cerca de três dias após a postura, eclodem as lagartas, que apresentam período larval entre 12 a 30 dias dependendo da temperatura, normalmente apresentando seis ínstaes. A coloração das lagartas varia de cinza escuro a marrom, com faixa dorsal com pontos pretos na base das cerdas (Sparks, 1979; Gallo *et al.*, 2002; Valicente, 2015). No último segmento abdominal, apresenta quatro pontos pretos distribuídos na forma de um quadrado. A cabeça possui uma sutura semelhante a um “Y” invertido. As lagartas totalmente desenvolvidas possuem 35 a 50 mm de comprimento (Gallo *et al.*, 2002; Sosa-Gómez *et al.*, 2014).

Ao fim do período larval, as lagartas adentram o solo para se transformarem em pupas de coloração marrom avermelhada, com medidas próximas a 15 mm de comprimento. O período pupal dura em média de oito a dez dias (Valicente, 2015). Os adultos possuem envergadura de 32 a 38 mm e apresentam dimorfismo sexual. As fêmeas possuem asas anteriores cinza-amarronzadas, enquanto os machos possuem asas mais escuras, com listras mais claras próximas da margem e com pontos brancos próximo ao centro da asa. As asas posteriores de ambos os sexos são branco-prateadas, com uma banda marrom próxima à margem externa (Sosa-Gómez *et al.*, 2014) (Figura 2).

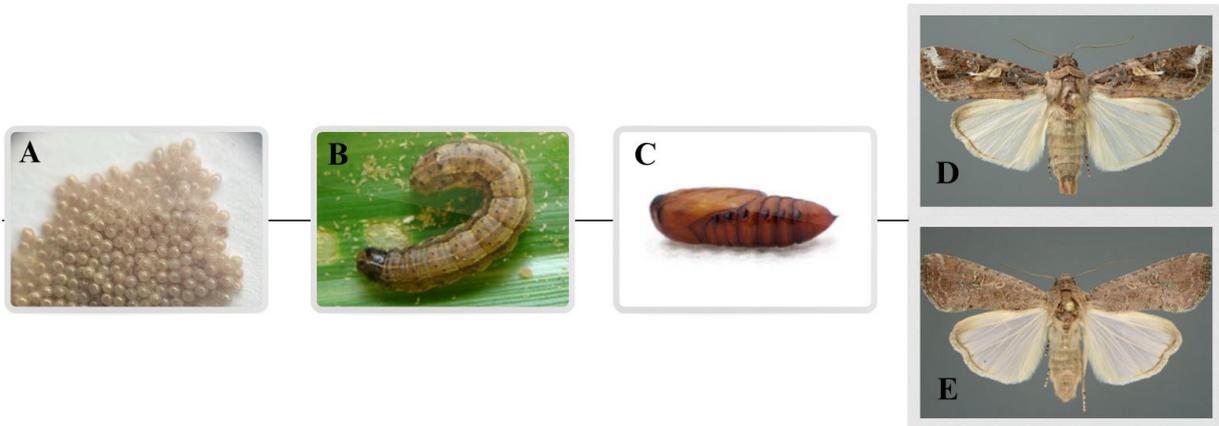


Figura 2. Fases de desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda*. Ovos (A), lagarta (B), pupa (C), adulto macho (D), adulto fêmea (E).

Fotos: da autora (A), Marina Pessoa (B), Karen Anthonisen (C), Lyle J. Buss (D e E).

2.1.2 *Spodoptera eridania*

Spodoptera eridania (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida popularmente como lagarta-das-vagens ou lagarta-preta (Teodoro *et al.*, 2013), apresenta 202 espécies de plantas hospedeiras, pertencentes a 58 famílias (Montezano *et al.*, 2014). No Brasil, *S. eridania* é relatada como praga primária em culturas como soja e algodão (Miranda, 2010; Efrom *et al.*, 2013), sendo a principal praga do gênero *Spodoptera* na cultura da soja no Cerrado e na região Sul (Machado *et al.*, 2020).

Os ovos de *S. eridania* são esféricos, achatados na base, e dispostos em massas cobertas com escamas. Apresentam coloração verde clara brilhante, tornando-se mais escuros à medida que envelhecem e são colocados em uma, duas ou eventualmente três camadas. A duração da fase de ovo normalmente é de quatro a seis dias (Capinera, 2022; Rolim *et al.*, 2013).

As lagartas apresentam coloração variável, mas normalmente são esverdeadas com triângulos negros dorsais evidentes de tamanhos semelhantes do primeiro ao oitavo segmento abdominal (Efrom *et al.*, 2013; Sosa-Gómez *et al.*, 2014). Possuem duas listras longitudinais laterais amareladas, com manchas brancas, e uma dorsal, que alcança a cápsula cefálica (Teodoro *et al.*, 2015). Também apresenta uma faixa lateral longitudinal de coloração clara que perde sua intensidade ou pode ser interrompida por uma mancha escura na região do tórax (Gallo *et al.*, 2002). A duração da fase larval é normalmente de 14 a 20 dias, passando normalmente por seis íntares, atingindo comprimento de cerca de 35 mm (Capinera, 2022).

As lagartas empupam no solo, geralmente a uma profundidade de 5 a 10 cm. As pupas são de cor marrom avermelhado e a duração do período pupal é de 11 a 13 dias (Capinera,

2022). O adulto de *S. eridania* mede cerca de 40 mm de envergadura e não ocorre dimorfismo sexual evidente. As asas anteriores apresentam coloração acinzentada, com padrão altamente variável. Alguns indivíduos possuem uma mancha negra arredondada no centro da asa, enquanto outros não a possuem, ou apresentam um traço longo que se estende até a margem da asa. As asas posteriores apresentam coloração esbranquiçada (Pogue, 2002; Sosa-Gómez *et al.*, 2014) (Figura 3).

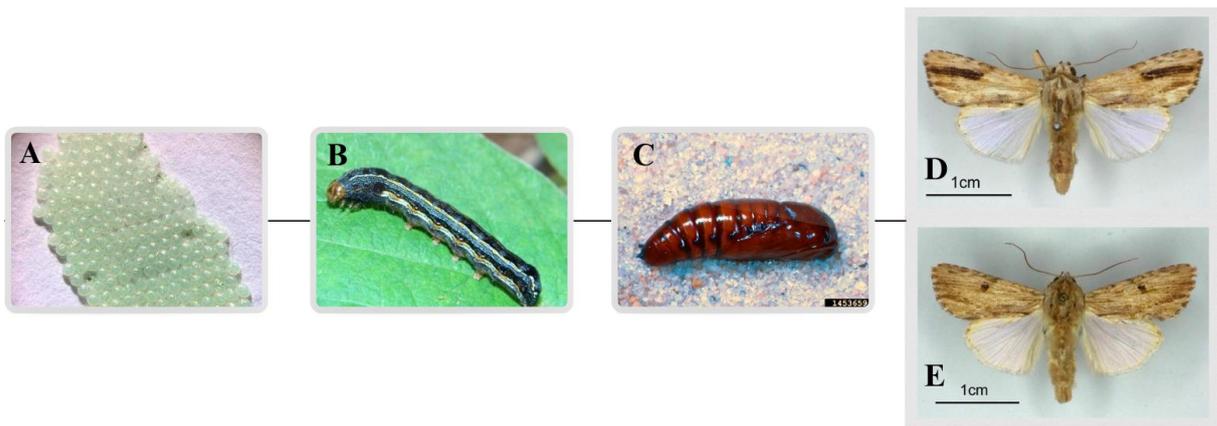


Figura 3. Fases de desenvolvimento de *Spodoptera eridania*. Ovos (A), lagarta (B), pupa (C), adultos com diferentes padrões nas asas anteriores (D e E).

Fotos: da autora (A), Adeney de Freitas Bueno (B), Sturgis McKeever (C) e Matthew Cock (D e E).

2.1.3 *Spodoptera cosmioides*

Spodoptera cosmioides (Walk, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) apresenta 126 espécies de plantas hospedeiras, pertencentes à 40 famílias (Specht; Roque-Specht, 2016). Assim como *S. eridania*, também é conhecida popularmente como lagarta-das-vagens ou lagarta-preta (Teodoro *et al.*, 2013) e apresenta importância nas culturas da soja e do algodão no Brasil (Miranda, 2010; Machado *et al.*, 2020). Na cultura da soja, *S. cosmioides* é capaz de consumir praticamente o dobro da área foliar quando comparada à outras espécies do mesmo gênero (Bueno *et al.*, 2011).

As fêmeas de *S. cosmioides* colocam os ovos em massas, em duas ou três camadas cobertas por escamas. Os ovos possuem forma esférica e são achatados na base. Apresentam cores diversas, variando de verde, cinza, marrom e rosa acastanhado (Rolim *et al.*, 2013).

As lagartas apresentam variações no padrão de manchas e na coloração, podendo ser cinza-claras, castanhas, ou mais comumente, pretas (Zenker; Specht; Corseuil, 2007). Nos primeiros ínstares, as lagartas possuem uma região enegrecida bem característica entre o metatórax e o primeiro segmento abdominal (Teodoro *et al.*, 2013). Apresentam manchas

dorsais triangulares, de forma que as manchas do sétimo e oitavo segmento abdominais são maiores que as manchas do primeiro ao sexto (Sosa-Gómez, 2014). Possuem listras longitudinais predominantemente alaranjadas, uma dorsal e duas laterais (Pogue, 2002). Nas listras laterais, podem ainda ser observados pontos brancos distribuídos em intervalos uniformes. As lagartas passam normalmente por seis ínstares, atingindo em torno de 48 mm de comprimento (Teodoro *et al.*, 2015).

As lagartas se transformam em pupas próximo à superfície do solo, apresentando coloração castanho escuro e comprimento entre 20 e 23 mm (Zenker *et al.*, 2007; Teodoro *et al.*, 2013). Os adultos medem de 16 a 20 mm de envergadura e apresentam dimorfismo sexual. Os machos possuem uma mancha ocre nas asas anteriores e asas posteriores são brancas com manchas cinzas na parte distal. Nas fêmeas, as asas anteriores são pardas, com vários desenhos brancos que se interceptam, e as posteriores são brancas (Pogue, 2002; Sosa-Gómez *et al.*, 2014) (Figura 4).

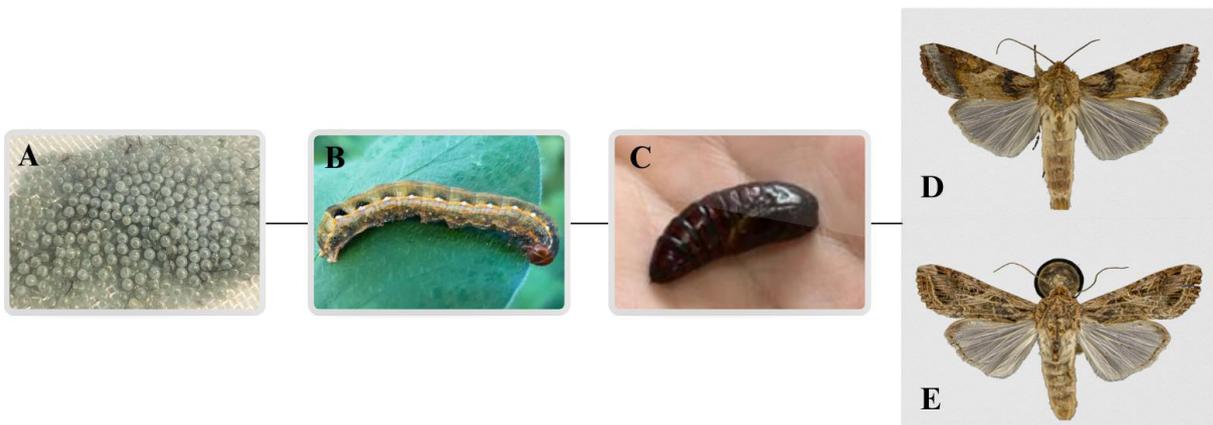


Figura 4. Fases de desenvolvimento de *Spodoptera cosmioides*. Ovos (A), lagarta (B), pupa (C), adulto macho (D), adulto fêmea (E).

Fotos: da autora (A, B e C) e Fabiano Bastos (D e E).

2.2 Criação de insetos

A criação de insetos é de fundamental importância para solucionar problemas relacionados à Entomologia (Parra, 2001). O avanço de pesquisas na área depende da disponibilidade de insetos, para que não haja interrupção de continuidade dos trabalhos e dependência da ocorrência natural do inseto objeto de estudo, em especial, as pragas agrícolas (Parra, 2013).

O domínio de técnicas de criação possibilitou uma ampla gama de aplicações, incluindo estudos de resistência de plantas a insetos, resistência de insetos a inseticidas, controle

biológico, semioquímicos, exigências nutricionais, plantas transgênicas, estudos moleculares, entre outros (Cohen, 2018; Huynh; Shelby; Coudron, 2021; Parra; Coelho Junior, 2022). Dessa forma, a criação massal de insetos é imprescindível para o estudo de estratégias de manejo de pragas, pois tanto nas pesquisas básicas como aplicadas, é exigido um suprimento contínuo de insetos, sendo necessário para isso, muitas vezes, o uso de dietas artificiais (Parra, 2001).

Dietas artificiais são alimentos fornecidos pelo homem na tentativa de substituir o alimento natural do inseto por outro mais acessível ou conveniente sob o ponto de vista técnico ou econômico (Parra, 2001). Segundo Salvadori e Parra (1990), um dos primeiros passos a serem vencidos para a realização de estudos bioecológicos e desenvolvimento de métodos de controle de um inseto é a definição de uma dieta artificial que permita a sua criação, preenchendo requisitos mínimos de qualidade biológica, quantidade e economicidade.

O desenvolvimento de dietas artificiais para a criação de insetos em laboratório permitiu grandes avanços em diversas áreas de estudo, de forma que essa atividade é considerada uma das mais importantes na Entomologia (Panizzi; Parra, 2013). Entre as vantagens do uso de dietas artificiais destaca-se a obtenção contínua de indivíduos com uniformidade nutricional e biológica (Parra, 2001), que possibilita a criação do número necessário de insetos para o desenvolvimento de estudos em programas de Manejo Integrado de Pragas (Sorensen; Addison; Terblanche, 2012; Parra, 2013).

Uma dieta artificial adequada deve conter todos os nutrientes exigidos pelo inseto: proteínas, vitaminas e sais minerais (essenciais) e carboidratos, lipídios e esteróis (não essenciais), os quais devem ser adequadamente balanceados, especialmente na relação proteínas:carboidratos, visando produzir um ótimo crescimento e desenvolvimento do inseto (Parra, 2001; Parra, 2013). A dieta ideal deve garantir que os insetos criados em laboratório apresentem características biológicas semelhantes aos da natureza (Campos; Coelho Junior; Parra, 2017), propiciando alta viabilidade total, originando adultos com alta capacidade reprodutiva e mantendo a qualidade do inseto ao longo das gerações, além de possuir em sua composição componentes de baixo custo e facilmente adquiridos (Singh, 1983; Parra, 2013).

Entre os componentes importantes para a nutrição da maioria das espécies de insetos estão os aminoácidos (Parra, 2001). Os aminoácidos são necessários para a produção de proteínas que são utilizadas para fins estruturais, como produção de enzimas para transporte e armazenamento e como receptor de moléculas (Chapman, 2013).

Para o crescimento e desenvolvimento dos insetos, são exigidos pelo menos dez aminoácidos: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina,

triptofano e valina, chamados aminoácidos essenciais (House, 1969; Parra 2009). Esses aminoácidos devem ser fornecidos em dietas artificiais por meio de fontes de proteínas como feijão, soja, caseína e gérmen de trigo (Vanderzant, 1974).

O consumo e a utilização de alimento são fundamentais para o crescimento, o desenvolvimento e a reprodução dos insetos. A quantidade e a qualidade do alimento consumido na fase larval afetam a taxa de crescimento, o tempo de desenvolvimento, o peso, a sobrevivência, a fecundidade e a longevidade de adultos. Dessa forma, insetos que se alimentam de forma inadequada durante a fase larval originam pupas e adultos de baixa qualidade (Panizzi; Parra; Haddah, 2013; Kenis *et al.*, 2018).

De forma geral, as exigências nutricionais qualitativas dos insetos são semelhantes. Porém, as proporções dos nutrientes exigidas são muito variáveis de espécie para espécie, sendo necessária a determinação das exigências nutricionais através de estudos com dietas artificiais (Parra, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia do *Campus* Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), no município de Bandeirantes, Paraná. Os insetos utilizados no experimento foram obtidos a partir da criação do laboratório de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*, mantidas em dieta de Greene *et al.* (1976) em sala de criação climatizada com temperatura de 24 ± 2 °C, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. Foram realizados bioensaios para avaliar a viabilidade e os parâmetros biológicos de desenvolvimento e para determinar o número de ínstars da fase larval de cada espécie.

3.1 Avaliação da viabilidade e parâmetros biológicos

Foram utilizadas quatro dietas artificiais: dieta descrita por Greene *et al.* (1976) (D1) e outras três modificadas, contendo redução dos componentes proteicos gérmen de trigo, proteína de soja, levedura de cerveja e leite em pó (caseína), em 25% (D2), 50% (D3) e 75% (D4) (Tabela 1). O preparo das dietas foi realizado conforme Parra (2001).

Tabela 1. Composição das dietas artificiais utilizadas para criação de *Spodoptera frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* em laboratório.

Componentes	D1	D2	D3	D4
Gérmen de trigo	100,00 g	75,00 g	50,00 g	25,00 g
Proteína de soja	50,00 g	37,50 g	25,00 g	12,50 g
Levedura de cerveja	62,50 g	46,88 g	31,25 g	15,63 g
Leite em pó (caseína)	37,50 g	28,13 g	18,75 g	9,38 g
Feijão branco	125,00 g	125,00 g	125,00 g	125,00 g
Ácido ascórbico	6,00 g	6,00 g	6,00 g	6,00 g
Ácido sórbico	3,00 g	3,00 g	3,00 g	3,00 g
Mistura vitamínica Vanderzant	10,00 g	10,00 g	10,00 g	10,00 g
Nipagin	5,00 g	5,00 g	5,00 g	5,00 g
Tetraciclina	125,00 mg	125,00 g	125,00 g	125,00 g
Formaldeído 40 %	6,00 mL	6,00 mL	6,00 mL	6,00 mL
Ágar	20,00 g	20,00 g	20,00 g	20,00 g
Água	1700,00 mL	1700,00 mL	1700,00 mL	1700,00 mL

D1: dieta de Greene *et al.* (1976), D2: dieta com redução de 25% do teor proteico, D3: dieta com redução de 50% do teor proteico, D4: dieta com redução de 75% do teor proteico.

Para cada dieta artificial, 45 lagartas recém-eclodidas de cada espécie foram individualizadas em copos plásticos (50 mL) contendo dieta em aproximadamente 1/3 de sua

capacidade, quantidade esta suficiente para o inseto completar sua fase larval. Posteriormente, os copos foram fechados com tampa de papel cartão parafinada, e as lagartas mantidas no recipiente até a fase de pupa. Foram avaliados a viabilidade (%) e o período da fase larval (dias). Após atingirem a fase de pupa, estas foram pesadas com 24 h de idade em balança analítica e separadas por sexo (Butt; Cantu, 1962) com auxílio de microscópio estereoscópico e acondicionadas novamente nos copos, até a emergência dos adultos. Foram determinados a viabilidade (%) e o período da fase pupal (dias) e peso de pupas com 24h (mg).

Após a emergência dos adultos, foi separado o maior número possível de casais para cada tratamento, com adultos emergidos com diferença de até 24h. Os casais foram mantidos em gaiolas de tubos de PVC (20 cm de altura x 10 cm de diâmetro). Os tubos foram forrados internamente com papel sulfite (substrato de oviposição), fechados na parte superior com tecido tule preso com elástico e mantidos sobre uma placa de isopor (15 cm x 15 cm) forrada com papel sulfite. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10% por meio de pequenos rolos de algodão embebidos e mantidos em um frasco de vidro (12 mL), trocados a cada dois dias. A partir dos casais formados, foram avaliadas a viabilidade (%) e a longevidade de adultos (dias).

Os ovos foram retirados diariamente e contados com o auxílio de microscópio estereoscópico. O número total de ovos por postura foi estimado multiplicando o número de ovos da camada superior pelo número de camadas totais e, em seguida, somando os ovos nas margens das camadas subsequentes (Leuck; Perkins 1972). Após a contagem, os ovos foram mantidos em copos plásticos (100 mL) até a eclosão das lagartas. Foram determinadas a fecundidade (número de ovos por fêmea) e a viabilidade dos ovos (%).

Os experimentos foram realizados em sala de criação climatizada, com temperatura de 24 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com 45 repetições (cada lagarta foi considerada uma repetição).

3.2 Avaliação do número de ínstaes

Para a avaliação da influência da nutrição sobre o número de ínstaes de lagartas de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*, foram obtidas 250 lagartas recém-eclodidas de cada espécie para cada dieta artificial (D1, D2, D3 e D4) a partir da criação do laboratório de Entomologia da UENP. Foram colocadas cinco neonatas por copo plástico (50 mL) contendo dieta até $\frac{1}{2}$ da capacidade, fechados com tampa de papel cartão parafinados. As lagartas foram

mantidas em sala de criação climatizada com temperatura de 24 ± 2 °C, umidade relativa $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas até atingirem a fase de pupa.

Para a medição da cápsula cefálica, diariamente foram mortas por congelamento cinco lagartas do acaso de cada tratamento até a fase de pré-pupa. A observação de lagartas mortas foi realizada para facilitar a medição (Parra e Haddad, 1989).

A medição das cápsulas cefálicas foi realizada com auxílio de imagens fotográficas obtidas através de um microscópio digital posicionado a um ângulo de 90° em relação às lagartas, com altura variável conforme o tamanho da cápsula a ser medida. As medições foram realizadas por meio do software SFP (software para determinação de áreas) versão 1.5.2 (Sachs; Felinto; Portugal, 2005) (Figura 5), avaliando a maior largura da cápsula cefálica.



Figura 5. Medição de cápsulas cefálicas de lagartas de *Spodoptera frugiperda* de primeiro ínstar (à esquerda) e terceiro ínstar (à direita) através do software SFP.

Fonte: da autora.

3.3 Análise dos dados

Os dados de viabilidade e duração das fases larval e pupal, peso de pupas com 24h, viabilidade e longevidade de adultos, fecundidade e viabilidade de ovos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade e ao teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias. Devido à não ocorrência da normalidade e/ou homogeneidade dos dados, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis seguido de teste de significância ajustado por Bonferroni para comparação, ao nível de significância de 0,05 através do software RStudio (R Core Team, 2022).

Para a determinação do número de ínstaes das lagartas, foi plotada uma curva multimodal da distribuição de frequência da largura diária da cápsula cefálica, de forma que a

quantidade provável de ínstaes corresponde ao número de picos obtidos na distribuição multimodal. A confirmação do número de ínstaes foi estabelecida pelo uso de regressão linear (Parra e Haddad, 1989), de forma que a hipótese foi considerada correta com base nos parâmetros: alto valor do coeficiente de determinação da regressão linear (R^2), ausência de sobreposição dos intervalos de confiança para médias da largura de cápsula cefálica entre ínstaes sucessivos, e concordância do valor estimado da razão de crescimento (K) em relação ao intervalo de variação de K proposto por Dyar (1890).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Viabilidade e parâmetros biológicos

As viabilidades das fases larval, pupal, adulta e dos ovos de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* alimentadas com as diferentes dietas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Viabilidade (%) das fases larval, pupal e adulta e dos ovos de *Spodoptera frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* alimentadas com dietas artificiais com diferentes teores proteicos mantidas em laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h).

Espécie	Viabilidade	Dieta artificial			
		D1	D2	D3	D4
<i>S. frugiperda</i>	Fase larval (%)	78,9a	77,8a	67,8a	45,6b
	Fase pupal (%)	84,5a	68,6ab	55,7bc	31,7c
	Fase adulta (%)	98,3a	97,9a	100,0a	100,0a
	Ovos (%)	86,8a	96,1a	43,1b	68,5ab
<i>S. eridania</i>	Fase larval (%)	73,3a	83,3a	65,6ab	54,4b
	Fase pupal (%)	36,4ab	40,0a	44,1a	16,3b
	Fase adulta (%)	91,7a	96,7a	96,2a	100,0a
	Ovos (%)	0,0c	-	79,7b	100,0a
<i>S. cosmioides</i>	Fase larval (%)	74,4a	48,9b	47,8b	30,0c
	Fase pupal (%)	73,1a	65,9ab	44,2b	63,0ab
	Fase adulta (%)	98,0a	89,7a	94,7a	100,0a
	Ovos (%)	100,0a	91,0a	0,0b	0,0b

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ajustado por Bonferroni a 5% de significância.

D1: dieta artificial descrita por Greene *et al.* (1976), D2: dieta artificial com redução de 25% no teor de proteína, D3: dieta artificial com redução de 50% no teor de proteína, D4: dieta artificial com redução de 75% no teor de proteína.

Para *S. frugiperda*, não houve diferença estatística entre as dietas D1, D2 e D3 para a viabilidade da fase larval, variando de 67,8% a 78,9%. Em relação à viabilidade da fase pupal, a dieta D1 apresentou a maior média, com 84,5% não diferindo da dieta D2 com 68,6%. Não houve diferença estatística entre as dietas para a viabilidade da fase adulta. As dietas D1, D2 e D4 não diferiram entre si para a viabilidade dos ovos, variando de 68,5% a 96,1%.

Em relação à *S. eridania*, as dietas D1, D2 e D3 não apresentaram diferença significativa para a viabilidade da fase larval, variando de 65,6% a 83,3% e para a viabilidade da fase pupal, variando de 36,4% a 44,1%. Os tratamentos não diferiram entre si em relação à viabilidade da fase adulta. A dieta D1 não apresentou ovos viáveis, o que pode ser explicado pelo pequeno número de casais formados (n=1) para esse tratamento, sendo os adultos provavelmente

inférteis ao acaso, visto que a dieta artificial de Greene *et al.* (1976) normalmente é a dieta utilizada em criações para *S. eridania* em laboratório. Devido às baixas viabilidades da fase pupal e conseqüentemente ao baixo número de adultos obtidos, não foi possível a montagem de casais emergidos em até 24 de diferença para a dieta D2. As dietas D1, D3 e D4 apresentaram diferença estatística entre si em relação à viabilidade dos ovos.

Para *S. cosmioides*, a dieta D1 resultou na maior viabilidade da fase larval, com 74,4%, diferindo de todos os outros tratamentos. Em relação à viabilidade da fase pupal, a dieta D1 apresentou a maior média, com 73,1%, não diferindo de D2 e D4. Não houve diferença estatística entre as dietas para a viabilidade da fase adulta. Para a viabilidade dos ovos, D1 e D2 não diferiram entre si, com 100,0% e 91,0%, respectivamente e as dietas D3 e D4 resultaram em ovos inviáveis.

Os parâmetros biológicos duração de fase larval e pupal, peso de pupas com 24h de idade, longevidade de adultos e número de ovos por fêmea de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* alimentadas com as diferentes dietas estão apresentados na Tabela 3.

Para *S. frugiperda*, as dietas D1, D2 e D4 não apresentaram diferença estatística entre si em relação à duração do período larval, variando de 15,1 a 17,7 dias. Quanto ao peso de pupas com 24h, D2 resultou na maior média, com 288,0 mg, não diferindo de D1, com 280,5 mg. Para a duração do período pupal, longevidade de adultos e número de ovos por fêmea, as dietas não apresentaram diferença estatística.

Em relação à *S. eridania*, as dietas D1 e D2 não diferiram entre si em relação à duração do período larval, com 18,0 e 18,4 dias, respectivamente. Para o peso de pupas com 24h, as dietas D1, D2 e D3 não diferiram entre si, variando de 339,2 a 359,1 mg. Não houve diferença estatística entre os tratamentos para os parâmetros duração do período pupal, longevidade de adultos e número de ovos por fêmea.

Quanto à *S. cosmioides*, as dietas D1, D2 e D3 não apresentaram diferença significativa para a duração do período larval, variando de 16,5 a 18,3 dias. Em relação ao peso de pupas com 24h, as dietas D1 e D2 não diferiram entre si, com 524,0 e 499,3 mg, respectivamente. Para a duração do período pupal, longevidade de adultos e número de ovos por fêmea, os tratamentos não diferiram entre si de forma estatística.

Tabela 3. Média e erro padrão dos parâmetros biológicos das fases larval, pupal e adulta de *Spodoptera frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* alimentadas com dietas artificiais com diferentes teores proteicos mantidas em laboratório (24 ± 2 °C, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h).

Espécies	Parâmetro	Dieta artificial			
		D1	D2	D3	D4
<i>S. frugiperda</i>	Duração da fase larval (dias)	15,1 \pm 0,3b (n=71)	15,6 \pm 0,4b (n=70)	18,0 \pm 0,7a (n=61)	17,7 \pm 1,1ab (n=41)
	Peso de pupas com 24h (mg)	280,5 \pm 3,9ab (n=66)	288,0 \pm 5,3a (n=62)	266,5 \pm 4,6b (n=54)	208,8 \pm 11,0c (n=26)
	Duração da fase pupal (dias)	10,3 \pm 0,2a (n=60)	9,9 \pm 0,2a (n=48)	10,7 \pm 0,2a (n=34)	10,6 \pm 0,3a (n=13)
	Longevidade de adultos (dias)	12,4 \pm 0,8a (n=22)	13,1 \pm 0,7a (n=20)	12,9 \pm 0,8a (n=14)	11,6 \pm 1,0a (n=6)
	Número de ovos por fêmea	2487,5 \pm 354,9a (n=11)	1674,3 \pm 438,5a (n=10)	1157,4 \pm 439,2a (n=7)	1714,7 \pm 203,8a (n=3)
<i>S. eridania</i>	Duração da fase larval (dias)	18,0 \pm 0,4c (n=66)	18,4 \pm 0,4c (n=75)	21,0 \pm 0,5b (n=59)	25,2 \pm 0,8a (n=49)
	Peso de pupas com 24h (mg)	359,1 \pm 8,1a (n=65)	348,4 \pm 6,6a (n=72)	339,2 \pm 6,3a (n=57)	261,4 \pm 7,4b (n=27)
	Duração da fase pupal (dias)	11,0 \pm 0,3a (n=24)	11,2 \pm 0,2a (n=30)	11,5 \pm 0,2a (n=26)	11,5 \pm 0,3a (n=8)
	Longevidade de adultos (dias)	14,6 \pm 2,0a (n=2)	(n=0)	13,0 \pm 1,0a (n=12)	9,0 \pm 0,0a (n=2)
	Número de ovos por fêmea	872,0 \pm 0,0a (n=1)	(n=0)	1851,8 \pm 547,3a (n=6)	367,0 \pm 0,0a (n=1)
<i>S. cosmioides</i>	Duração da fase larval (dias)	16,8 \pm 0,4b (n=67)	16,5 \pm 0,5b (n=44)	18,3 \pm 0,6b (n=43)	21,8 \pm 0,9a (n=27)
	Peso de pupas com 24h (mg)	524,0 \pm 8,8a (n=63)	499,3 \pm 10,3a (n=40)	465,9 \pm 9,2b (n=35)	391,3 \pm 9,1c (n=23)
	Duração da fase pupal (dias)	13,4 \pm 0,2a (n=49)	13,3 \pm 0,2a (n=29)	13,4 \pm 0,2a (n=19)	15,2 \pm 1,9a (n=17)
	Longevidade de adultos (dias)	10,1 \pm 1,4a (n=8)	11,1 \pm 0,6a (n=8)	10,8 \pm 1,8a (n=2)	6,5 \pm 1,9a (n=2)
	Número de ovos por fêmea	3388,8 \pm 738,6a (n=4)	2145,3 \pm 1133,2a (n=4)	1279,0 \pm 0,0a (n=1)	474,0 \pm 0,0a (n=1)

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ajustado por Bonferroni a 5% de significância. n: número de observações. D1: dieta artificial descrita por Greene *et al.* (1976), D2: dieta artificial com redução de 25% no teor de proteína, D3: dieta artificial com redução de 50% no teor de proteína, D4: dieta artificial com redução de 75% no teor de proteína.

S. frugiperda, *S. eridania* e *S. cosmioides* são espécies polífagas, alimentando-se de plantas hospedeiras que apresentam constituições físicas e químicas bastante variáveis, o que pode influenciar no desenvolvimento larval do inseto (Truzzi *et al.*, 2021).

Em relação à nutrição, sabe-se que a quantidade e a proporção dos nutrientes, principalmente proteínas:carboidratos, proporção esta variável de inseto para inseto, é fundamental para um bom desenvolvimento, uma vez que influenciam a aceitação do alimento na fase larval, além de afetar o desempenho dos adultos (Panizzi; Parra, 2009; Sarate *et al.*, 2012). Normalmente, os lepidópteros apresentam melhor desenvolvimento em dietas contendo proteínas e carboidratos em quantidades semelhantes ou, em alguns casos, dietas ricas em proteínas (Waldbauer *et al.*, 1984).

Buscando a obtenção de uma dieta artificial adequada para a criação de dois biótipos de *S. frugiperda* em laboratório, Busato *et al.* (2006) verificaram que a dieta com maior teor proteico avaliada foi a mais adequada para o desenvolvimento do inseto, proporcionando maior velocidade de desenvolvimento, assim como maior massa de lagartas no máximo desenvolvimento e de pupas e maior fecundidade. Avaliando lagartas de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com diversas plantas hospedeiras, Sarate *et al.* (2012) observaram que dietas ricas em proteínas e/ou carboidratos resultaram em maior peso das lagartas e menor período larval. No presente trabalho, as dietas D1 (sem redução do teor proteico) e D2 (com redução de 25% do teor proteico) resultaram em uma maior viabilidade e um melhor desenvolvimento de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*.

Quando as necessidades nutricionais dos insetos não são satisfeitas pelo alimento utilizado, ocorrem danos em sua performance, como aumento do tempo de desenvolvimento, fecundidade e fertilidade reduzidas, tamanho de adulto reduzido, o que pode interferir na capacidade para cópula e dispersão, entre outros fatores (Chapman, 2013). Isso pode explicar as baixas viabilidades e o prolongamento do ciclo observado no presente estudo para *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* na dieta D4 (com redução de 75% do teor proteico). Grande parte da mortalidade obtida nessa dieta ocorreu entre a mudança da fase larval para a pupal, resultando em pupas com má formação e inviáveis (Figura 6), provavelmente devido à ausência da quantidade necessária de proteína na dieta, que afetou o desenvolvimento dos insetos.



Figura 6. Pupas deformadas de *Spodoptera frugiperda* mantidas em dieta artificial de Greene *et al.* (1976) com redução de 75% no teor de proteína.

Fonte: da autora.

Ao avaliar o desenvolvimento de *H. armigera* alimentadas com dietas artificiais com teores proteicos distintos, Truzi *et al.* (2019) observaram que as dietas com o menor e o maior valor proteico interferiram negativamente no desenvolvimento da espécie, sendo a dieta com quantidade intermediária de proteína a que forneceu os melhores resultados biológicos. A dieta com o maior teor de proteína apresentou o menor percentual de sobrevivência larval e pupal de *H. armigera*, demonstrando que níveis elevados desse nutriente podem apresentar uma influência negativa na biologia do inseto.

Em estudos realizados por Truzi *et al.* (2021) sobre a influência de teores de proteína no desenvolvimento de *S. frugiperda*, os diferentes níveis desse nutriente promoveram desenvolvimento semelhante do inseto, possibilitando o uso de uma dieta artificial com menor teor proteico para a criação. Com a redução da quantidade de ingredientes utilizados, o custo para elaboração da dieta e, conseqüentemente, o custo final de produção dos insetos são reduzidos, o que é extremamente vantajoso para desenvolvimento de pesquisas e produção massal de agentes de controle como *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) e *Baculovirus spodoptera*, visto que *S. frugiperda* é utilizada como espécie hospedeira na criação em laboratório (Valicente; Tuelher; de Barros, 2010; Vieira *et al.*, 2017; Truzi *et al.*, 2021).

A quantidade de proteína e os aminoácidos presentes em cada componente proteico da dieta artificial relacionam-se diretamente com o desempenho biológico do inseto (Cohen, 2004). Dessa forma, no presente trabalho, os diferentes resultados obtidos na sobrevivência e na biologia de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* mantidas em diferentes dietas

ocorreram, provavelmente, devido às concentrações de proteína e principalmente às diferenças na relação proteína:carboidrato presente nas dietas artificiais.

A dieta de Greene *et al.* (1976) não possui em sua composição fontes específicas de carboidrato, como sacarose, glucose e frutose (Parra, 2013). Por outro lado, essa dieta possui componentes proteicos, como o feijão branco (19 g de proteína/100 g), o gérmen de trigo (23 g de proteína/100 g), o leite em pó (23 g de proteína/100 g), a levedura de cerveja (43 g de proteína/100 g) e o farelo de soja (35 g de proteína/100 g) (USDA, 2023). A dieta D2, com redução de 25% do teor proteico em relação à dieta D1, apresentou viabilidades semelhantes ou até mesmo superiores que D1 para *S. frugiperda* e *S. eridania*, indicando que foi mantida uma relação proteína:carboidrato adequada para as duas espécies.

Dessa forma, a dieta D2 mostra-se uma dieta com potencial de ser utilizada em criações de laboratório para *S. frugiperda* e *S. eridania*. Porém, para *S. cosmioides*, com exceção da D1, todas as dietas apresentaram baixa viabilidade larval, evidenciando que essa espécie exige uma maior quantidade de proteínas quando comparada às outras duas espécies. É importante ressaltar que o trabalho foi realizado em apenas uma geração, fazendo-se necessário o estudo da influência de dietas artificiais com diferentes níveis proteicos em gerações sucessivas do gênero *Spodoptera*.

4.2 Número de ínstaes

O presente trabalho foi o primeiro a utilizar o software SFP versão 1.5.2 (Sachs; Felinto; Portugal, 2005) com o objetivo de medir cápsulas cefálicas de lagartas. Os resultados de medição obtidos foram satisfatórios, indicando que o software é uma alternativa ao uso de lentes oculares micrométricas acopladas ao microscópio estereoscópico, método mais utilizado para a medição de cápsulas cefálicas (Parra e Haddad, 1989).

As curvas de distribuição multimodal de larguras de cápsula cefálica (mm) de lagartas de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* alimentadas com as diferentes dietas artificiais estão representadas nas Figuras 7, 8 e 9, respectivamente. Não foi possível a obtenção do número de ínstaes das lagartas alimentadas com a dieta D4 por meio da metodologia utilizada, devido à baixa viabilidade larval e ao desenvolvimento inadequado dos insetos. Nas três espécies, pode ser observada nas dietas D1, D2 e D3 a presença de seis picos indicados pelas setas, o que sugere a existência de seis ínstaes durante a fase larval.

Com base nas curvas de distribuição multimodal foram criadas as Tabelas 4, 5 e 6, contendo o número de ínstaes, amplitude e média da largura da cápsula cefálica (mm),

intervalo de confiança (IC), duração dos ínstaes (dias) e razão de crescimento (K) de lagartas de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*.

Para *S. frugiperda*, as dietas D1, D2 e D3 apresentaram valor do coeficiente de determinação da regressão linear (R^2) de 0,992, 0,989, e 0,989, respectivamente, apresentando em todas as dietas uma boa estimativa. O valor médio da razão de crescimento (K) obtida para cada ínstar foi de 1,55, 1,54 e 1,54, para as dietas D1, D2 e D3, respectivamente, situando-se dentro do intervalo de variação estabelecido por Dyar (1890), cuja regra diz que a cápsula cefálica das lagartas cresce em progressão geométrica, aumentando em largura a cada ecdise, numa razão constante para cada espécie, em média de 1,4, podendo variar de 1,1 a 1,9 (Parra; Haddad, 1989).

Em relação à *S. eridania*, o valor do coeficiente de determinação da regressão linear (R^2) foi de 0,992, 0,993, e 0,985, e o valor médio da razão de crescimento (K) foi de 1,51, 1,55 e 1,54, para as dietas D1, D2 e D3, respectivamente, apresentando valores situados dentro do intervalo proposto por Dyar (1890).

Para *S. cosmioides*, o valor do coeficiente de determinação da regressão linear (R^2) foi de 0,997, 0,998, e 0,984 e o valor médio da razão de crescimento (K) foi de 1,58, 1,57 e 1,60, para as dietas D1, D2 e D3, respectivamente, situando-se dentro do intervalo estabelecido por Dyar (1890).

O número de ínstaes não é constante, variando de 4 a 8 na maioria dos insetos (Parra, 2001). Vários fatores, além dos intrínsecos da espécie, contribuem para que haja variação do número de ínstaes, como: temperatura, qualidade e quantidade de alimento, densidade de criação, sexo, entre outros (Parra; Haddad, 1989).

Em condições semelhantes ao presente trabalho, Montezano *et al.* (2014) e Specht e Roque-Specht (2016) relataram a predominância da ocorrência de seis ínstaes para *S. eridania* e *S. cosmioides*, com 3,44% e 4,80% das fêmeas apresentando sete ínstaes, respectivamente.

Nas mesmas condições estudadas, utilizando a dieta artificial de Greene *et al.* (1976), Montezano *et al.* (2019) observaram a existência de seis ínstaes larvais para *S. frugiperda*. Segundo levantamento realizado pelos autores acerca do número de ínstaes dessa espécie, foi verificado um desenvolvimento larval altamente variável, sendo reportados pela literatura a existência de cinco a dez ínstaes. Essa variação no desenvolvimento larval está relacionada com a plasticidade biológica de *S. frugiperda*, que aumenta suas chances de desenvolvimento e sobrevivência em condições adversas (Esperk; Tammaru; Nylin, 2007). Dessa forma, *S. frugiperda* apresenta maior capacidade adaptativa em geral quando comparada a outras

espécies. A ampla gama de hospedeiros (Montezano *et al.*, 2018) e a plasticidade de desenvolvimento sugerem que *S. frugiperda* é uma espécie altamente adaptativa.

Não existe uma correlação direta entre a duração do ciclo e o número de ínstars (Parra, 2001). Entretanto, o maior número de ínstars é um indício de inadequação nutricional de uma dieta (Parra; Haddad, 1989), visto que em dietas de menor valor nutritivo, pode ocorrer um ínstar adicional visando recompensar o baixo desempenho do inseto (Mattana; Foerster, 1988). No presente trabalho, as dietas D1, D2 e D3 resultaram em seis ínstars para o período larval das três espécies nas condições avaliadas, de forma que a redução do teor proteico não provocou alterações desse parâmetro.

No presente estudo, os resultados obtidos sobre a influência de diferentes níveis de proteína na biologia de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* podem ser utilizados para adaptações ou desenvolvimento de dietas artificiais para criações massais, além de fornecer informações que podem contribuir para o entendimento da influência de diferentes plantas hospedeiras no desenvolvimento dessas espécies.

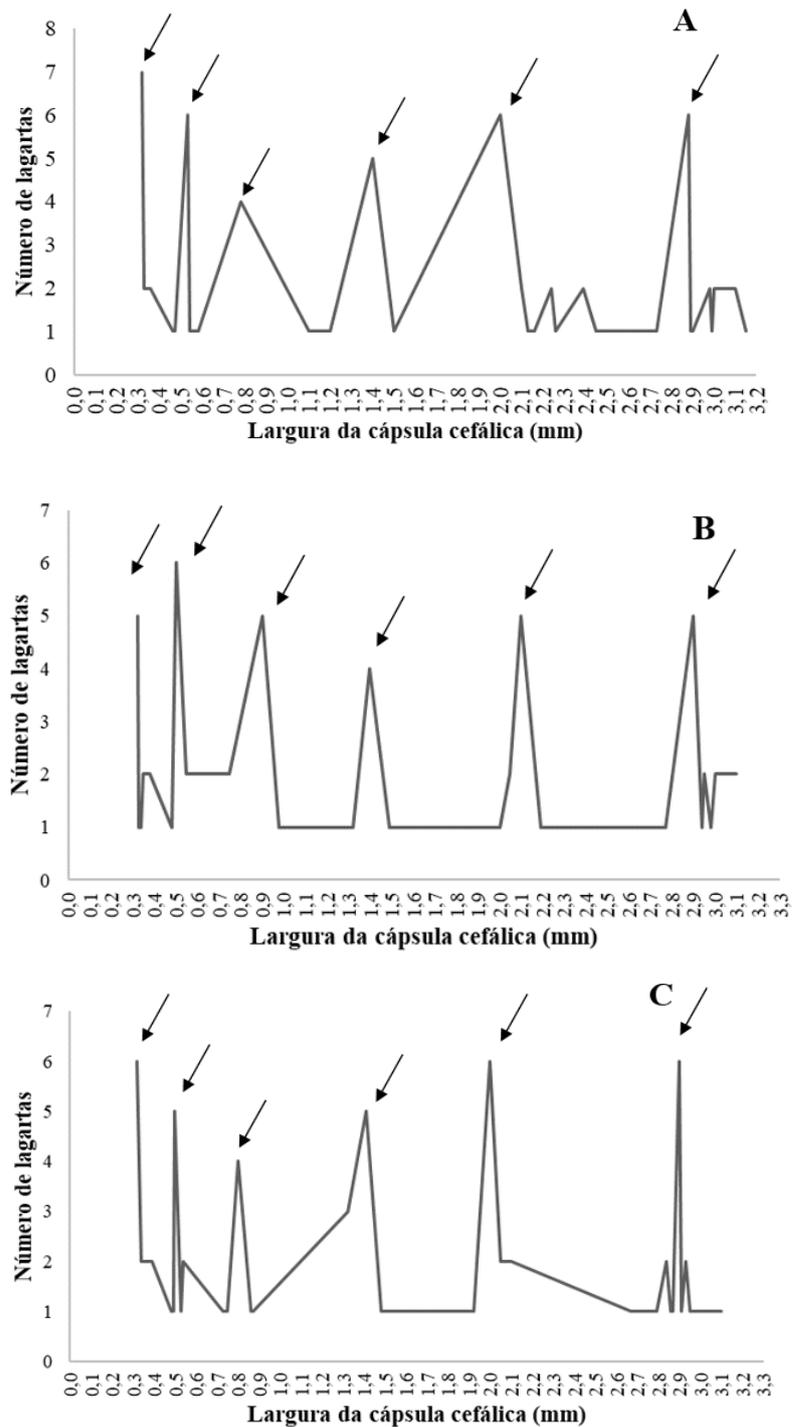


Figura 7. Curva de distribuição multimodal de larguras de cápsula cefálica (mm) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dietas com diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24 ± 2 °C, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h). A: dieta artificial de Greene *et al.* (1976) ($n=70$). B: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico ($n=70$). C: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico ($n=75$). As setas indicam os prováveis ínstaes.

Tabela 4. Número de ínstars, amplitude e média da largura da cápsula cefálica (mm), intervalo de confiança (IC), duração dos ínstars (dias) e razão de crescimento (K) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dietas artificiais contendo diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24 ± 2 °C, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h).

Dieta artificial	Ínstar	Amplitude (mm)	Média (mm)	IC (P<0,05)	Duração (dias)	K
D1	I	0,32-0,36	0,33	0,33-0,34	3,00	-
	II	0,46-0,58	0,52	0,52-0,53	1,33	1,57
	III	0,78-1,10	0,84	0,80-0,87	1,67	1,60
	IV	1,18-1,50	1,36	1,33-1,39	2,22	1,63
	V	2,00-2,67	2,20	2,17-2,24	2,78	1,62
	VI	2,72-3,10	2,93	2,92-2,96	3,00	1,33
K média		1,55				
R²		0,992				
D2	I	0,32-0,39	0,35	0,34-0,35	3,00	-
	II	0,48-0,55	0,51	0,50-0,51	1,78	1,47
	III	0,86-1,02	0,89	0,87-0,91	2,05	1,75
	IV	1,32-1,74	1,49	1,47-1,52	2,15	1,68
	V	2,00-2,77	2,26	2,24-2,29	2,33	1,52
	VI	2,90-3,10	2,96	2,94-2,98	2,69	1,31
K média		1,54				
R²		0,989				
D3	I	0,32-0,39	0,35	0,34-0,36	3,00	-
	II	0,48-0,54	0,51	0,50-0,52	2,00	1,44
	III	0,73-0,87	0,80	0,78-0,82	2,00	1,58
	IV	1,32-1,49	1,43	1,40-1,45	2,53	1,78
	V	1,92-2,79	2,34	2,25-2,42	2,36	1,64
	VI	2,84-3,10	2,95	2,94-2,97	3,11	1,26
K média		1,54				
R²		0,989				

D1: dieta artificial de Greene *et al.* (1976). D2: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico. D3: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico.

K: razão de crescimento.

R²: coeficiente de determinação.

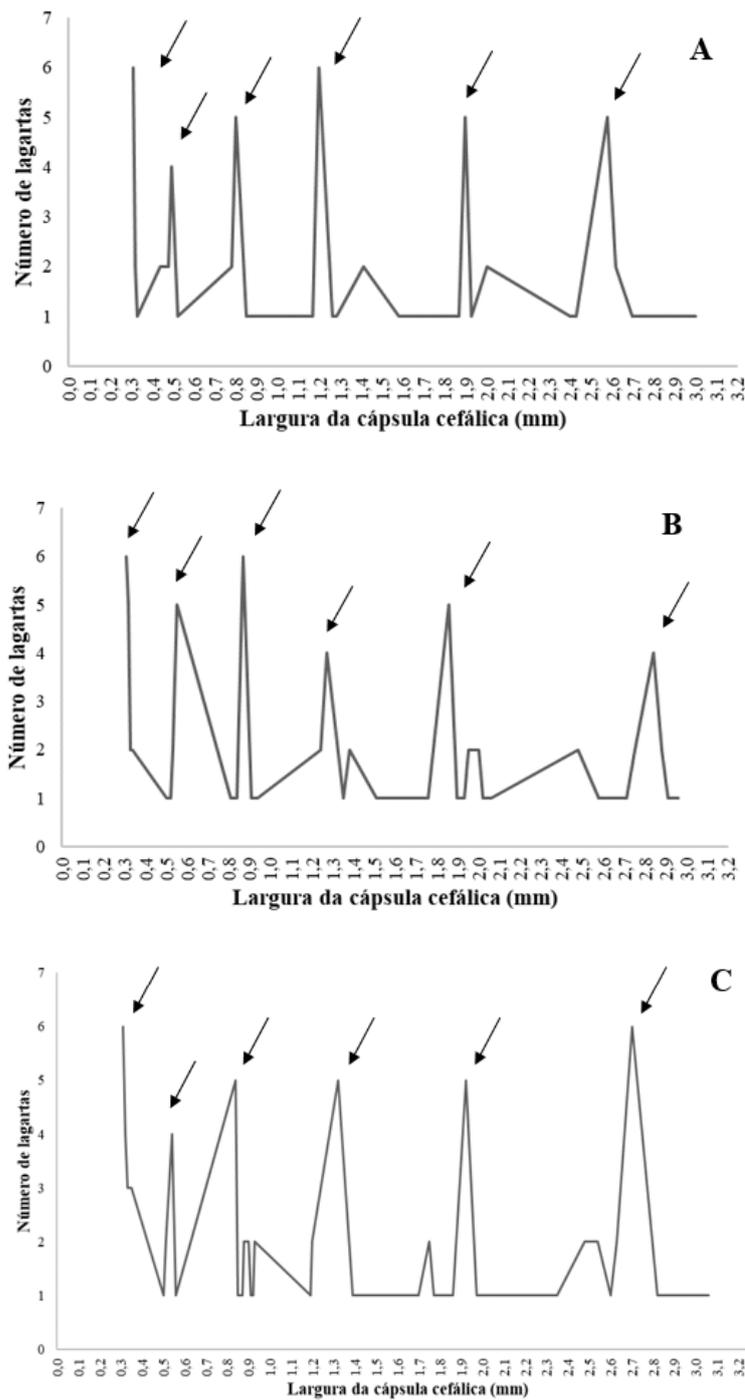


Figura 8. Curva de distribuição multimodal de larguras de cápsula cefálica (mm) de lagartas de *Spodoptera eridania* alimentadas com dietas com diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24 ± 2 °C, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h). A: dieta artificial de Greene *et al.* (1976) (n=75). B: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico (n=80). C: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico (n=90). As setas indicam os prováveis ínstaes.

Tabela 5. Número de ínstar, amplitude e média da largura da cápsula cefálica (mm), intervalo de confiança (IC), duração dos ínstar (dias) e razão de crescimento (K) de lagartas de *Spodoptera eridania* alimentadas com dietas artificiais contendo diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24±2 °C, UR de 70±10% e fotofase de 14h).

Dieta artificial	Ínstar	Amplitude (mm)	Média (mm)	IC (P<0,05)	Duração (dias)	K
D1	I	0,31-0,48	0,34	0,33-0,35	2,44	
	II	0,49-0,78	0,50	0,49-0,50	2,06	1,47
	III	0,80-1,17	0,82	0,81-0,83	2,63	1,66
	IV	1,20-1,87	1,30	1,28-1,33	2,50	1,59
	V	1,90-2,43	1,90	1,89-1,91	2,30	1,46
	VI	2,58-3,00	2,65	2,62-2,68	3,07	1,40
K média		1,51				
R²		0,992				
D2	I	0,31-0,34	0,32	0,32-0,33	3,00	
	II	0,50-0,55	0,53	0,53-0,54	2,00	1,67
	III	0,81-0,94	0,88	0,88-0,89	2,35	1,65
	IV	1,24-1,55	1,36	1,34-1,38	3,02	1,53
	V	1,76-2,68	2,09	2,04-2,14	2,25	1,54
	VI	2,70-2,96	2,83	2,82-2,85	3,38	1,36
K média		1,55				
R²		0,993				
D3	I	0,31-0,35	0,33	0,32-0,33	3,88	
	II	0,50-0,56	0,53	0,52-0,54	2,00	1,62
	III	0,84-0,93	0,88	0,87-0,88	3,13	1,66
	IV	1,19-1,77	1,43	1,40-1,47	3,08	1,63
	V	1,84-2,56	2,16	2,11-2,21	2,37	1,51
	VI	2,60-3,06	2,75	2,73-2,78	3,54	1,27
K média		1,54				
R²		0,985				

D1: dieta artificial descrita por Greene *et al.* (1976). D2: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico. D3: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico.

K: razão de crescimento.

R²: coeficiente de determinação.

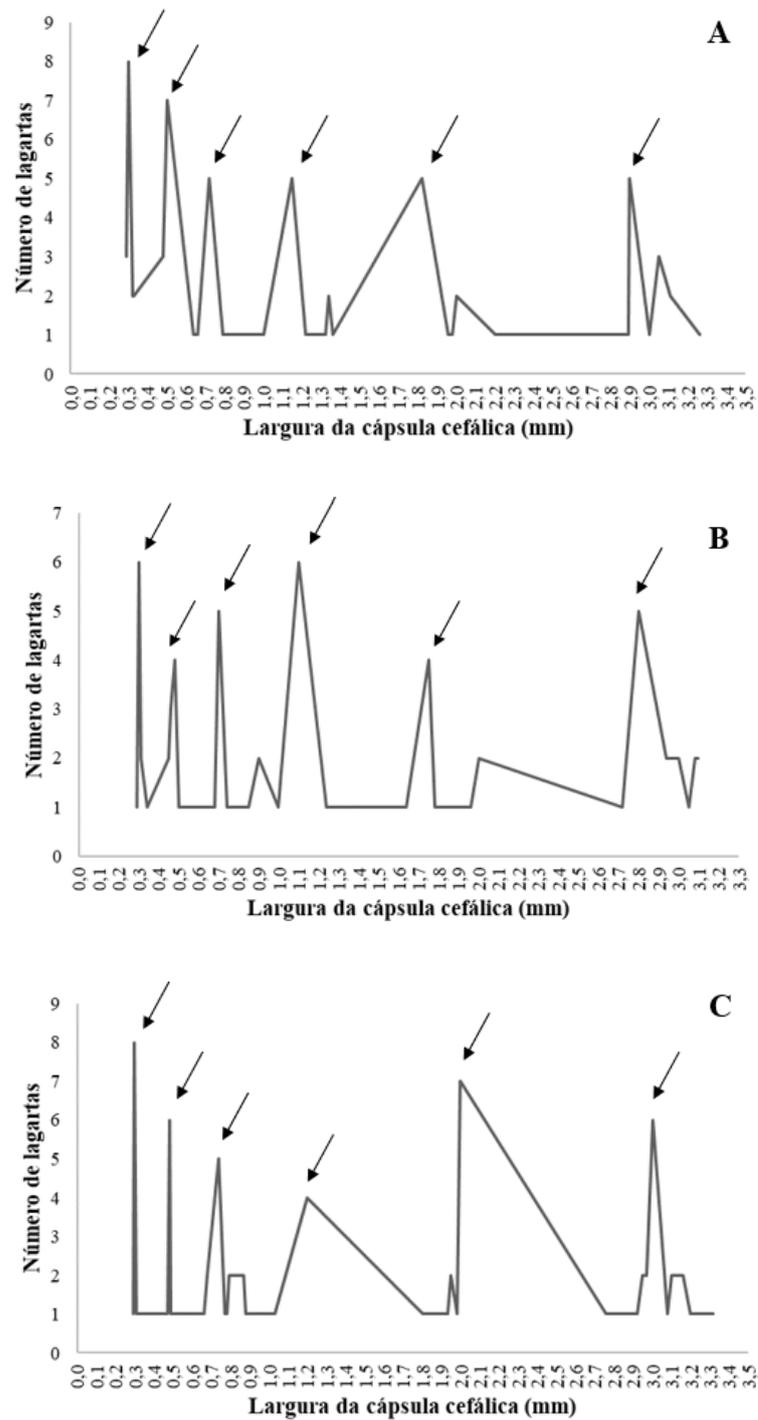


Figura 9. Curva de distribuição multimodal de larguras de cápsula cefálica (mm) de lagartas de *Spodoptera cosmioides* alimentadas com dietas com diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24 ± 2 °C, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h). A: dieta artificial de Greene *et al.* (1976) (n=80). B: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico (n=75). C: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico (n=85). As setas indicam os prováveis ínstaes.

Tabela 6. Número de ínstar, amplitude e média da largura da cápsula cefálica (mm), intervalo de confiança (IC), duração dos ínstar (dias) e razão de crescimento (K) de lagartas de *Spodoptera cosmioides* alimentadas com dietas artificiais contendo diferentes teores proteicos e mantidas em condições de laboratório (24 ± 2 °C, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14h).

Dieta artificial	Ínstar	Amplitude (mm)	Média (mm)	IC (P<0,05)	Duração (dias)	K
D1	I	0,28-0,33	0,30	0,30-0,31	3,50	
	II	0,48-0,50	0,49	0,49-0,50	2,00	1,62
	III	0,64-0,82	0,73	0,72-0,74	2,33	1,48
	IV	1,00-1,36	1,22	1,20-1,24	1,97	1,66
	V	1,82-2,20	1,92	1,90-1,95	2,87	1,58
	VI	2,81-3,26	3,00	2,98-3,03	3,33	1,56
K média		1,58				
R²		0,997				
D2	I	0,29-0,34	0,31	0,30-0,31	2,50	
	II	0,45-0,50	0,47	0,47-0,48	2,23	1,54
	III	0,66-0,85	0,73	0,72-0,74	2,00	1,55
	IV	0,90-1,33	1,09	1,06-1,11	2,46	1,50
	V	1,64-2,00	1,82	1,80-1,85	2,48	1,68
	VI	2,72-3,10	2,94	2,92-2,96	3,33	1,61
K média		1,57				
R²		0,998				
D3	I	0,29-0,31	0,30	0,29-0,30	3,21	
	II	0,45-0,68	0,53	0,52-0,55	2,32	1,78
	III	0,71-0,88	0,78	0,77-0,79	2,32	1,46
	IV	1,03-1,87	1,36	1,27-1,44	1,79	1,74
	V	1,93-2,89	2,17	2,10-2,23	3,45	1,60
	VI	2,92-3,32	3,05	3,04-3,06	3,91	1,41
K média		1,60				
R²		0,984				

D1: dieta artificial descrita por Greene *et al.* (1976). D2: dieta artificial com redução de 25% do teor proteico. D3: dieta artificial com redução de 50% do teor proteico.

K: razão de crescimento.

R²: coeficiente de determinação.

5. CONCLUSÃO

A dieta artificial com redução de 25% do teor proteico apresentou desenvolvimento semelhante ao proporcionado pela dieta de Greene *et al.* (1976) para *Spodoptera frugiperda* e *S. eridania*, constituindo-se em uma dieta com potencial de utilização para criação massal dessas espécies em laboratório. A espécie *S. cosmioides* não apresentou bom desenvolvimento nas dietas com redução do teor proteico.

REFERÊNCIAS

BAYRAK, E.; YANAR, O.; TOPKARA, E. F.; SOLMAZ, F. G.; MERCAN, S.; BILGENER, M. Effects of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* Infection on Biological and Biochemical Properties of Larvae of *Hyphantria cunea* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Arctiidae) Fed by Diets with Differing Protein:Carbohydrate Ratios. **Acta Zoologica Bulgarica**, v. 75, n. 1, p. 75-83, 2023.

BERNARDI, O.; SORGATTO, R. J.; BARBOSA, A. D.; DOMINGUES, F. A.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac protein. **Crop Protection**, v. 58, p. 33-40, 2014.

BORDIN, T. A.; HENNING, L. D. L.; RODRIGUES, M. G.; OLDONI, T. L. C.; CARVALHO, G. A.; POTRICH, M.; LOZANO E. R. Toxicity of the Hexane Fraction of Fruits and Seeds of *Ricinus communis* to Caterpillars of the *Spodoptera* Complex. **Agriculture**, v. 13, n. 6, 1124, 2023.

Bueno, R. C. O. F.; Bueno, A. F.; Moscardi, F.; Parra, J. R. P.; Hoffmann-Campo, C.B. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, p. 170-174, 2011.

BUSATO, G. R.; GARCIA, M. S.; LOECK, A. E.; ZART, M.; NUNES, A. D.; BERNARDI, O.; ANDERSSON, F. S. Adequação de uma dieta artificial para os biótipos "milho" e "arroz" de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 317-323, 2006.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; NÖRNBERG, S. D. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1278-1283, 2004.

BUTT, B. A.; CANTU, E. **Sex determination of lepidopterous pupae**. Washington: Agricultural Research Service, n. 33-75, 1962. 7p.

CAMPOS, L. S.; COELHO JUNIOR, A.; PARRA, J. R. Artificial diet for laboratory rearing of *Condylorrhiza vestigialis* (Guenée, 1854) (Lep.: Crambidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 1. p. 333-340, 2017.

CAPINERA, J. L. **Southern Armyworm, *Spodoptera eridania* (Cramer) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae)**. University of Florida, EENY-106, p. 1-4, 2022.

CARVALHO, R. A.; OMOTO, C.; FIELD, L. M.; WILLIAMSON, M. S.; BASS, C. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **PLoS One**, v. 8, e62268, 2013.

CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. 5 ed. New York: Elsevier, 2013. 962 p.

COHEN, A. C. Ecology of Insect Rearing Systems: A Mini-Review of Insect Rearing Papers from 1906-2017. **Advances in Entomology**, v. 6, n. 2, p. 86-115, 2018.

COHEN, A. C. **Insect diets: Science and technology**. Boca Raton: CRC Press, 2004. 344p.

CRESONI-PEREIRA, C.; ZUCOLOTO, F. S. Moscas-das-frutas (Diptera) *In*: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 1020-1070.

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

DOS SANTOS, K. B.; MENEGUIM, A. M.; SANTOS, W. J.; NEVES, P. M. O. J.; SANTOS, R. B. Caracterização dos Danos de *Spodoptera eridania* (Cramer) e *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) a Estruturas de Algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 4, p. 626-631, 2010.

DYAR, H. G. The number of molts of Lepidopterous larvae. **Psyche**, v. 5, p. 420-422, 1890.

EFROM, C. F. S.; BORTOLI, L. C.; BERTIN, A.; SPECHT, A.; BOTTON, M. **Bioecologia e Controle de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) em Videira no Rio Grande do Sul**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2013. 7p. (Comunicado Técnico 150).

ESPERK, T.; TAMMARU, T.; NYLIN, S. Intraspecific variability in number of larval instars in insects. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, n. 3, p. 627-645, 2007.

FAN, J.; WU, P.; TIAN, T.; REN, Q.; HASEEB, M.; ZHANG, R. Potential Distribution and Niche Differentiation of *Spodoptera frugiperda* in Africa. **Insects**, v. 11, n. 6, 383, 2020.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**, Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GREENE, G. L.; LEPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.

HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, D.; BERNARDI, O.; MALAQUIAS, J. B.; OKUMA, D. M.; MIRALDO, L. L.; AMARAL, F. S. A.; OMOTO, C. Effective dominance of resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt maize and cotton varieties: implications for resistance management. **Scientific Reports**, v. 6, 34864, 2016.

HORIKOSHI, R. J.; DOURADO, P. M.; BERGER, G. U.; FERNANDES, D. S.; OMOTO, C.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; CORRÊA, A. S. Large-scale assessment of lepidopteran soybean pests and efficacy of Cry1Ac soybean in Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, 15956, 2021.

HOUSE, H. L. Effects of different proportions of nutrients on insects. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 12, p. 651-669, 1969.

HUESING, J. E.; PRASANNA, B. M.; MCGRATH, D.; CHINWADA, P.; JEPSON, P.; CAPINERA, J. L. Integrated Pest Management of Fall Armyworm in Africa: An Introduction. In: PRASANNA, B. M.; HUESING, J. E.; EDDY, R.; PESCHKE, V. M. (eds.) **Fall armyworm in Africa: a guide for Integrated Pest Management**. 1 ed. Cidade do México: CIMMYT, 2018. p. 1-10.

HUYNH, M. P.; SHELBY, K. S.; COUDRON, T. A. Recent Advances in Insect Rearing Methodology to Promote Scientific Research and Mass Production. **Insects**, v. 12, n. 11, 961, 2021.

JUSTUS, C. M.; PAULA-MORAES, S. V.; PASINI, A.; HOBACK, W. W.; HAYASHIDA, R.; BUENO, A. F. Simulated soybean pod and flower injuries and economic thresholds for *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) management decisions. **Crop Protection**, v. 155, 105936, 2022.

KENIS, M.; BOUWASSI, B.; BOAFO, H.; DEVIC, E.; HAN, R.; KOKO, G.; KONÉ, N. G.; MACIEL-VERGARA, G.; NACAMBO, S.; POMALEGNI, S. C. B.; ROFFEIS, M.; WAKEFIELD, M.; ZHU, F.; FITCHES, E. Small-scale fly larvae production for animal feed. In: HALLORAN, A., FLORE, R., VANTOMME, P. AND ROOS, N. (eds.). **Edible insects in sustainable food systems**. Cham: Springer, 2018. p. 239-326.

LEUCK, D. B.; PERKINS, W. D. A method of estimating fall armyworm progeny reduction when evaluating control achieved host-plant resistance. **Journal of Economic Entomology**, v. 65, p. 482-483, 1972.

MACHADO, E. P.; RODRIGUES JUNIOR, G. L.S.; SOMAVILLA, J. C.; FÜHR, F. M.; ZAGO, S. L.; MARQUES, L. H.; SANTOS, A. C.; NOWATZKI, T.; DAHMER, M. L.; OMOTO, C.; BERNARDI, O. Survival and development of *Spodoptera eridania*, *Spodoptera cosmioides* and *Spodoptera albula* (Lepidoptera: Noctuidae) on genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins. **Pest Management Science**, v. 76, p. 4029-4035, 2020.

MAMAHIT, J. M. E.; KOLONDAM, B. J. A Review on Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Insecticide Resistance. **International Journal of Research and Review**, v. 10, n. 5, p. 146-151, 2023.

MATTANA, A. L.; FOERSTER, L. A. Consumo e utilização de bracatinga (*Mimosa scrabella*, Bentham) (Leguminosae) e batata doce (*Ipomoea batatas* L.) (Convolvulaceae) por larvas de *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae). In: **Anais Da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 17, p. 95-105, 1988.

MIRANDA, J. E. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiros**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. 36p. (Circular Técnica, 131).

MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GOMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. R.; PAULA-MORAES, S V. Developmental Parameters of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Immature Stages Under Controlled and Standardized Conditions. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 8; 2019.

MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; SOUSA-SILVA, J. C.; PAULA-MORAES, S. V.; PETERSON, J. A.; HUNT, T. E. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African Entomology**, v. 26, n. 2, p. 286-300, 2018.

MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; DE BARROS, N. M. Immature stages of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae): developmental parameters and host plants. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, 238, 2014.

NAGOSHI, N.R.; MEAGHER, R.L. The *Spodoptera frugiperda* Host Strains: What They Are and Why They Matter for Understanding and Controlling This Global Agricultural Pest. **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 6, p. 1729-1743, 2022.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD G. P. Field-

evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1727-1736, 2016.

PALLI, S. R.; BIONDI, A.; DESNEUX, N.; PLESSIS, H. D.; GOF, G. L.; VOLKOF, A. N. The fall armyworm: recent advances in biology and management. **Journal of Pest Science**, v. 96, p. 1341–1343, 2023.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Introdução à bioecologia e nutrição de insetos como base para o manejo integrado de pragas. *In*: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 20-41.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P.; HADDAD, M. L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimentos por insetos. *In*: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 42-120.

PARRA, J. R. P. A evolução das dietas artificiais e suas interações em ciência e tecnologia. *In*: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 121-215.

PARRA, J. R. P.; COELHO JUNIOR, A.; CUERVO-RUGNO, J. B.; GARCIA, A. G.; MORAL, R. DE A.; SPECHT, A.; DOURADO NETO, D. Important pest species of the *Spodoptera* complex: Biology, thermal requirements and ecological zoning. **Journal of Pest Science**, v. 95, p. 169-186, 2022.

PARRA, J. R. P.; COELHO JUNIOR, A. Insect Rearing Techniques for Biological Control Programs, a Component of Sustainable Agriculture in Brazil. **Insects**, v. 13, n. 1, 105, 2022.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. 6 ed. Piracicaba: FEALQ, 2001. 134p.

PARRA, J. R. P.; HADDAD, M. L. **Determinação do número de ínstaes de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1989. 49p.

POGUE, G. M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society**, v. 43, p. 1-212, 2002.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 25 set. 2023.

ROLIM, A. A. S. G.; YANO, S. A. C.; SPECHT, A.; GUADALUPE, C.; ANDRADE, T. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Morphological and Molecular Characterization of the Eggs of Some Noctuid Species Associated with Soybean in Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 106, n. 5, p. 643-651, 2013.

RIBAS, N. S.; MCNEIL, J. N.; ARAÚJO, H. D.; RIBAS, B. S.; LIMA, E. The Effect of Resistance to *Bt* Corn on the Reproductive Output of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Insects**, v. 13, n. 2, 196, 2022.

SACHS, L. G.; FELINTO, A. S.; PORTUGAL, A. P. **SFP 1.5.2. Color System**, 2005.

SALVADORI, J. R.; PARRA, J. R. P. Seleção de dietas artificiais para *Pseudaletia sequax* (Lep.: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, p. 1701-1713, 1990.

SARATE, P. J.; TAMHANE, V. A.; KOTKAR, H. M.; RATNAKARAN, N.; SUSAN, N.; GUPTA, V. S.; GIRI, A. P. Developmental and digestive flexibilities in the midgut of a polyphagous pest, the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. **Journal of Insect Science**, v. 12, n.1, 42, 2012.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 3 ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 102p. (Documentos 269).

SILVA, C. S. B.; PARRA, J. R. P. New method for rearing *Spodoptera frugiperda* in laboratory shows that larval cannibalism is not obligatory. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 57, n. 3, p. 347-349, 2013.

SINGH, P. A General Purpose Laboratory Diet Mixture for Rearing Insects Une Nourriture. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 4, p. 357-362, 1983.

SORENSEN, J. G.; ADDISON, M. F.; TERBLANCHE, J. S. Mass-rearing of insects for pest management: Challenges, synergies and advances from evolutionary physiology. **Crop Protection**, v. 18, p. 87-94, 2012.

SPARKS, A. N. A Review of the Biology of the Fall Armyworm. **The Florida Entomologist**, v. 62, n. 2, p. 82-87, 1979.

SPECHT, A.; ROQUE-SPECHT, V. F. Immature stages of *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae): developmental parameters and host plants. **Zoologia**, v. 33, n. 4, e20160053, 2016.

TEODORO, A.V.; PROCÓPIO, S. O.; BUENO, A. F.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; DE CARVALHO, H. W. L.; NEGRISOLI, C. R. C. B.; BRITO, L. F.; GUZZO, E. C. *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae): **Novas Pragas de Cultivos da Região Nordeste**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. 8p. (Comunicado Técnico 131).

TEODORO, A. V.; SILVA, S. S.; DOS PASSOS, E. M.; DOS SANTOS, J. M.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; GUZZO, E. C. **Biologia e Reconhecimento das Principais Lagartas-Praga do Milho de Ocorrência no Agreste e Zona da Mata de Alagoas, Bahia e Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 8p. (Comunicado Técnico 173).

TRUZI, C.C.; HOLZHAUSEN, H. F.; ÁLVARO, J. C.; DE LAURENTIS, V. L.; VIEIRA, N. T.; VACARI, A. M.; DE BORTOLI, S. A. Food Consumption Utilization, and Life History Parameters of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) Reared on Diets of Varying Protein Level. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 1, p. 1-7, 2019.

TRUZI, C. C.; VIEIRA, N. F.; SOUZA, J. M.; DE BORTOLI, S. A. Artificial Diets With Different Protein Levels for Rearing *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Science**, v. 21, n. 4, p. 1-7, 2021.

USDA - United States Department of Agriculture. **FoodData Central**. Disponível em: <<https://fdc.nal.usda.gov/>>. Acesso em: 15 dez. 2023.

VALICENTE, F. H.; **Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 13p. (Circular Técnica, 208).

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S.; DE BARROS, E. C. **Processo de Produção Comercial de Baculovírus em Grande Escala**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 6p. (Circular Técnica, 157).

VANDERZANT, E. S. Development, significance, and application of artificial diets for insects. **Annual Review of Entomology**, v. 19, p. 139-160, 1974.

VIEIRA, N. F.; POMARI-FERNANDES, A.; LEMES, A. A. F.; VACARI, A. M.; DE BORTOLI, S. A.; BUENO, A. F. Cost of production of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) grown in natural and alternative hosts. **Journal of Economic Entomology**, n. 110, v. 6, p. 2724-2726, 2017.

WALDBAUER, G. P.; COHEN, R. W.; FRIEDMAN, S. Self-selection of and optimal nutrient mix from defined diets by larvae of the corn earworm, *Heliothis zea* (Boddie). **Physiological Zoology**, v. 57, p. 590-597, 1984.

ZENKER, M. M.; SPECHT, A.; CORSEUIL, E. Estágios imaturos de *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, p. 99-107, 2007.