



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DÉBORA MELLO DA SILVA

**ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DO
COMPLEXO *SPODOPTERA* SPP. EM CULTURAS ANUAIS**

Londrina
2014

DÉBORA MELLO DA SILVA

**ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DO
COMPLEXO *SPODOPTERA* SPP. EM CULTURAS ANUAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Dr. Pedro M. O. J. Neves
Coorientador: Dr. Adeney de Freitas Bueno

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S586a Silva, Débora Mello da.
Aspectos biológicos e nutricionais do complexo *Spodoptera* spp. em culturas
anuais / Débora Mello da Silva. – Londrina, 2014.
101 f. : il.

Orientador: Pedro Manoel Oliveira Janeiro Neves.

Coorientador: Adeney de Freitas Bueno.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Lepidoptero – Teses. 2. Inseto – Aspectos biológicos – Teses. 3. Inseto –
Plantas hospedeiras – Teses. 4. Preferências alimentares – Teses. 5. Entomologia
– Teses. I. Neves, Pedro Manoel Oliveira Janeiro. II. Bueno, Adeney de Freitas.
III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa
de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 595.78

DÉBORA MELLO DA SILVA

**ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DO COMPLEXO
SPODOPTERA SPP. EM CULTURAS ANUAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Dr. Pedro M. O. J. Neves
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Adeney de Freitas Bueno
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa Soja

Dr. José Magid Waquil
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa Milho e Sorgo

Prof. Dr. Amarildo Pasini
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dra. Rejane Cristina Roppa Kuss Roggia
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz –
ESALQ/USP

Londrina, 26 de fevereiro de 2014.

A Deus acima de tudo,

AGRADEÇO

Aos meus pais Aparecida e João e a minha irmã Jéssica por todo carinho, incentivo e confiança, fornecendo força para atingir meus objetivos. Fonte de todo amor e perseverança que existe em mim, por estarem sempre dispostos a me ouvir e aconselhar, mostrando sempre o caminho a seguir.

Amo vocês mais do que possam imaginar...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Desafio tão grande quanto escrever esta tese é agradecer a todos que me acompanharam nesta trajetória e, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização da mesma!

Ao Dr. Adeney de Freitas Bueno, meu coorientador, por todas as discussões e sugestões nas reuniões de orientação, além da grande participação em minha vida científica;

Ao Prof. Pedro M.O.J. Neves por ter me acolhido como orientada em um momento delicado e pelas sugestões e críticas no desenvolvimento do trabalho;

Ao Prof. Dr. Flávio Moscardi (In memorian), meu orientador, excelente profissional, que, sempre alegre e incentivador, buscou ensinar e proporcionar momentos de alegria ao longo de nossa convivência, que Deus o mantenha em sua graça;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos;

À toda equipe de trabalho da Embrapa Soja e aos amigos que lá conquistei: Serginho, Ivanilda, Pavão, Nivaldo, Elias, Jovenil, Gustavo, Luiz Fernando e demais estagiários do laboratório de parasitoides;

À pesquisadora Dra. Maria Cristina Neves de Oliveira pelo auxílio nas análises estatísticas e pelo carinho e palavras de incentivo, sempre muito solícita;

À amiga Mariana Closs por todo carinho, auxílio, e em todos esses anos de amizade sempre com palavras de ânimo tornando meus dias melhores, a você todo meu respeito e admiração;

Ao amigo Norberto Cruz por tornar minha vida mais divertida e me socorrer nos momentos de desespero;

À amiga Karine Andrade pela amizade, companhia e auxílio na execução dos trabalhos e nos momentos de descontração. Foi muito bom ter encontrado você nesta trajetória, mesmo distante levarei para sempre comigo;

À amiga Cristiane Stecca pelos conselhos, pela amizade, pelos momentos divertidos e outros nem tanto, que passamos juntas;

À minha sobrinha e afilhada linda, Giovana, amor incondicional em minha vida, que alegra os meus dias com a sua inocência e carinho, a você todo meu amor pequena!

À amiga Maria Betetto pelo carinho e auxílio em momentos de dificuldade, sempre a posto quando precisei;

À todos os amigos que tornam a minha vida mais feliz e já fazem parte da minha família Carla, Tiago, Thais, Ávila, Fausto, Adriano, Gustavo, Maico, Thalita, Karine, Mariana e em especial meu namorado Rodrigo pelo apoio e paciência na reta final do meu trabalho;

Às minhas queridas amigas que alegam as minhas sextas- feiras Cintia, Juliana, Franciele, Tassiana e Máira;

A todos que participaram dessa conquista...

Obrigada!!!

SILVA, Débora Mello. **Aspectos biológicos e nutricionais do complexo *Spodoptera* spp. em culturas anuais**. 2014. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

Áreas cultivadas durante todo o ano pode fornecer as condições ideais para a alimentação e sobrevivência de insetos polívoros como lagartas, o que promove condições ideais para o crescimento populacional de espécies antes consideradas pragas secundárias, resultando em sérios danos às lavouras. O complexo de lagartas do gênero *Spodoptera* é exemplo de pragas que vêm crescendo em importância econômica nas culturas de soja, milho e algodão. Devido a esses fatores, o objetivo deste trabalho foi comparar aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* em soja, algodão, milho, trigo, aveia e dieta artificial utilizada como padrão de comparação, por meio de experimentos de laboratório e campo. Lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em copos parafinados e alimentadas com folhas de soja, algodão milho, trigo, aveia e pedaços de dieta artificial. As variáveis avaliadas dos insetos foram: duração de pré-pupa, pupa, período larva-adulto (dias), peso de pupas (gramas), razão sexual, sobrevivência (%), preferência alimentar de lagartas, preferência de oviposição com e sem chance de escolha, e variáveis nutricionais. Os resultados foram submetidos à análise de variância e covariância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Levando-se em consideração todas as variáveis biológicas e nutricionais avaliadas, pode-se sugerir que os melhores hospedeiros para o desenvolvimento de *S. frugiperda* são o trigo e aveia, considerando o menor tempo de desenvolvimento, maior atratividade alimentar e preferência para oviposição. Entretanto, devido ao bom desempenho de *S. frugiperda* em soja e algodão, com relação à assimilação e digestão de alimentos, pode-se inferir que ela também possa causar danos a essas culturas e adaptar-se às mesmas na ausência do hospedeiro preferencial (trigo). O algodão foi considerado o melhor hospedeiro para *S. eridania* e *S. cosmioides* em relação aos demais tratamentos (soja, trigo, milho, aveia e dieta artificial), proporcionando um melhor desempenho demonstrado pelo elevado peso de pupas, maior atratividade e preferência para oviposição.

Palavras-chave: Preferência alimentar. Oviposição. Índice nutricional. Sobrevivência. Lepidoptera.

SILVA, Débora Mello. **Biological and nutritional parameters of *Spodoptera* spp. complex in annual crops**. 2014. 101 p. Tese. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

Cultivated areas throughout the year can provide food polyphagous insects like caterpillars survive. This contributes to promote optimal conditions for population of species, previously considered secondary, to growth resulting in serious damage to crops. Caterpillar's complex of the genus *Spodoptera* is an example of pests that has been economically increased in importance on soybean and cotton. Due to these factors the aim of this study was to compare biological aspects of *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera cosmioides* development on soybean, cotton, corn, wheat, oat and in artificial diet used as a standard of comparison on laboratory and field experiments. Newly hatched larvae were individually placed in waxed paper cups and fed with soybean, cotton, corn, wheat and oat leaves and artificial diet. The insects variables evaluated were: duration of pre - pupa, pupa, larva-adult period (days), pupae weight (grams), sex ratio, survival (%), caterpillar's feed attractiveness, oviposition preference with and without free choice, and nutritional parameters. Taking into account all biological and nutritional parameters evaluated it can be suggested that the best hosts for the development of *S. frugiperda* are wheat and oat, considering the shorter development time, higher food attractiveness and oviposition preference. However, due to the best pest performance in soybean and cotton, regarding of food assimilation and digestion, it can be inferred that *S. frugiperda* can also cause damage to these crops and adapt to them in absence of the preferential host (wheat). Cotton crop was considered the best host for *S. eridania* and *S. cosmioides* in comparison to the other soybean, wheat, corn, oat and artificial diet, providing a better performance that was demonstrated by the high pupae weight, greater attractiveness and oviposition preference.

Keywords: Food attractiveness. Oviposition. Nutritional index. Survival. Lepidoptera.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	O CENÁRIO AGRÍCOLA	15
2.1.1	O Complexo <i>Spodoptera</i> spp.....	19
2.1.2	<i>Spodoptera frugiperda</i>	20
2.1.3	<i>Spodoptera eridania</i>	21
2.1.4	<i>Spodoptera cosmioides</i>	23
2.2	MECANISMOS DE ESCOLHA E ADAPTABILIDADE HOSPEDEIRA EM LEPIDÓPTEROS.....	24
3	ARTIGO A: ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DE <i>Spodoptera frugiperda</i> SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS	27
3.1	RESUMO	27
3.2	ABSTRACT	28
3.3	INTRODUÇÃO.....	28
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.4.1	Biologia de <i>S. frugiperda</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras.....	30
3.4.2	Atratividade Alimentar de <i>S. frugiperda</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras	31
3.4.3	Preferência de Oviposição de <i>S. frugiperda</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras	31
3.4.4	Variáveis Nutricionais de <i>S. frugiperda</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras	32
3.4.4.1	Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por <i>S. frugiperda</i>	33
3.4.5	Análise Estatística	33
3.5	RESULTADOS	34
3.5.1	Biologia de <i>S. frugiperda</i> nas Diferentes Plantas Hospedeiras	34

3.5.2	Preferência Alimentar de <i>S. frugiperda</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras	36
3.5.3	Preferência para Oviposição de <i>S. frugiperda</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras	36
3.5.4	Variáveis Nutricionais de <i>S. frugiperda</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras	38
3.5.4.1	Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por <i>S. frugiperda</i>	39
3.6	DISCUSSÃO	42
3.7	CONCLUSÕES	46
4	ARTIGO B: ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DE <i>Spodoptera eridania</i> CRAMER (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS	47
4.1	RESUMO	47
4.2	ABSTRACT	48
4.3	INTRODUÇÃO	48
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	49
4.4.1	Biologia de <i>S. eridania</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras	50
4.4.2	Preferência Alimentar de <i>S. eridania</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras	50
4.4.3	Preferência para Oviposição de <i>S. eridania</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras	51
4.4.4	Variáveis Nutricionais de <i>S. eridania</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras	51
4.4.4.1	Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por <i>Spodoptera eridania</i>	52
4.4.5	Análise Estatística	52
4.5	RESULTADOS	53
4.5.1	Biologia de <i>S. eridania</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras	53
4.5.2	Preferência Alimentar de <i>S. eridania</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras	55
4.5.3	Preferência para Oviposição de <i>S. eridania</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras	55
4.5.4	Variáveis Nutricionais de <i>S. eridania</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras	58

4.5.4.1	Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por <i>S. eridania</i>	58
4.6	DISCUSSÃO.....	60
4.7	CONCLUSÕES.....	62
5	ARTIGO C: ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DE <i>Spodoptera cosmioides</i> WALKER (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS.....	63
5.1	RESUMO.....	63
5.2	ABSTRACT.....	64
5.3	INTRODUÇÃO.....	64
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	66
5.4.1	Biologia de <i>S. cosmioides</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras.....	66
5.4.2	Preferência Alimentar de <i>S. cosmioides</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras.....	66
5.4.3	Preferência para Oviposição de <i>S. cosmioides</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras.....	67
5.4.4	Variáveis Nutricionais de <i>S. cosmioides</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras.....	68
5.4.4.1	Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por <i>S. cosmioides</i>	68
5.4.5	Análise Estatística.....	69
5.5	RESULTADOS.....	69
5.5.1	Biologia de <i>S. cosmioides</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras.....	69
5.5.2	Preferência Alimentar de <i>S. cosmioides</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras.....	71
5.5.3	Preferência para Oviposição de <i>S. cosmioides</i> por Diferentes Plantas Hospedeiras.....	72
5.5.4	Variáveis Nutricionais de <i>S. cosmioides</i> em Diferentes Plantas Hospedeiras.....	74

5.5.4.1	Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por <i>S. cosmioides</i>	75
5.6	DISCUSSÃO	78
5.7	CONCLUSÕES	82
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	86

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é responsável por grande parte da produção agrícola mundial, com disponibilidade de terras aptas para plantio, água em abundância, condições climáticas favoráveis e domínio da tecnologia de agricultura tropical, que permitem uso contínuo do solo chegando, muitas localidades, em até três safras agrícolas em um único ano, o que cria um verdadeiro mosaico, bastante diversificado de culturas na paisagem agrícola. Essas condições permitem ao país chegar à principal potência agrícola num futuro bem próximo (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2013). Entretanto, isso também pode favorecer a movimentação e ocorrência de surtos populacionais de pragas, fator importante de redução de produtividade em diferentes espécies vegetais cultivadas (GAZZONI, 2001).

Além dos insetos que tradicionalmente atacam as culturas, pragas de importância antes consideradas secundárias, têm surgido com frequência, preocupando os agricultores pelas dificuldades em seu manejo. São espécies polípagas e que apresentam alta capacidade de dano. Como exemplo, podem ser citadas as espécies do complexo *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) que são pragas de várias culturas, como algodão, milho, soja, feijão, tomate, sorgo, hortaliças, frutíferas, e podem se alimentar de diferentes partes das plantas, e, assim, ocasionar prejuízos significativos (KING; SAUNDERS, 1984).

Nos sistemas agrícolas constituídos de soja, milho e algodão que são mais comumente atacados pelo gênero *Spodoptera*, ocorre oferta contínua de alimento. Essa oferta através do plantio consecutivo e em larga escala de plantas hospedeiras dificulta o controle desses insetos, assim como a previsão de surtos em áreas próximas, principalmente pelo fato de que estas podem se desenvolver em hospedeiros alternativos, como o trigo e aveia, que são utilizados em rotação de culturas em algumas regiões durante o inverno (FRANCHINI et al., 2011).

Em geral, as infestações de pragas nas culturas são controladas através da utilização de agrotóxicos e, apesar da importância dos inseticidas para o manejo destas, seu uso indiscriminado pode ser ecologicamente nocivo e desencadear a resistência dos insetos aos produtos utilizados, surtos de pragas secundárias, efeitos adversos em organismos benéficos, resíduos indesejáveis em alimentos entre outros problemas (CRUZ; VIANA; WAQUIL, 1999; MOSCARDI et al., 2012; BUENO et al., 2013). Visando mitigar os efeitos adversos dessas pragas, é crucial escolher o método adequado para manejá-las. Para isso é necessário que se conheça os fatores responsáveis pelo crescimento de sua população. Dessa forma,

conhecimentos básicos como a biologia e a ecologia da praga, assim como sua preferência hospedeira e aspectos nutricionais, são imprescindíveis para o bom manejo desse problema (SARMENTO et al., 2002). Sendo assim, devido à importância do controle de pragas para garantir a produtividade no setor agrícola, objetivou-se, neste estudo, avaliar o efeito de diferentes culturas, como soja, algodão, milho, trigo e aveia na biologia, atratividade alimentar, preferência de oviposição e em parâmetros nutricionais de *Spodoptera* spp., para que estes dados sirvam de subsídio para o desenvolvimento de técnicas de manejo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O CENÁRIO AGRÍCOLA

O Brasil possui lugar de destaque no cenário agrícola mundial como um dos maiores produtores e exportadores de produtos agropecuários. Além da alta produção de grãos e cereais que abastece internamente o país, a agricultura também tem papel fundamental no equilíbrio da balança comercial (CONAB, 2013). Dentro do cenário mundial, a cultura da soja (*Glycine max* M.) ganha cada vez mais importância e destaque devido ao avanço da demanda global por alimentos e à diversidade da utilização da oleaginosa (USDA, 2010). Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a área destinada à cultura mundialmente, passou de 81,48 milhões de hectares na safra 2002/03 para 108,55 milhões na safra 2012/13, que representou um grande avanço em termos econômicos. O destaque atingido por essa cultura no Brasil se deve a inúmeros avanços científicos que resultam em tecnologias aplicadas, tais como cultivares resistentes a doenças e mais produtivas, adaptadas às diferentes regiões climáticas do país, utilização de técnicas de adubação mais precisas e ainda a inserção de plantas transgênicas em algumas regiões (ALMEIDA et al., 2003; YOUSSEF et al., 2013).

Outras culturas também apresentam destaque na economia brasileira, como o milho (*Zea mays* L.), que teve produção superior a 34,8 mil toneladas na safra 2012/2013 (CONAB, 2013), constituindo um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (LIMA et al., 2007). Sua importância é caracterizada pelas diversas formas de utilização que incluem desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia (ANTUNES, 2009). O plantio de milho tem sido realizado em dois momentos, o primeiro durante o verão, caracterizado como primeira safra, que acontece durante a época de chuvas, nos meses de agosto até setembro nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, respectivamente. E o segundo momento, conhecido como milho safrinha, que ocorre nos períodos de fevereiro ou março, ao fim do plantio de soja precoce, principalmente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo. Embora em condições mais arriscadas de clima, o plantio do milho safrinha é implementado em sistemas de produção adaptados que contribuem para elevar os níveis de produção durante o período (FIGUEIREDO; MARTINS-DIAS; CRUZ, 2006). Na região do cerrado, o milho é uma cultura estratégica, com papel importante nos esquemas de rotação de culturas com soja, algodão, girassol, e no plantio direto, como planta

fornecedora de palhada, sendo cultivada na época normal (verão) e “safrinha” (inverno) em áreas irrigadas (PAPA; ROTUNDO, 2010).

Além da soja e do milho, a cultura do algodão (*Gossypium sp.*) é também muito importante nos sistemas de produção. Essa cultura, além de movimentar a economia com produção estimada na safra 2012/13 em 185,05 milhões de toneladas (CONAB, 2013), possui grande importância sócio-econômica pelo grande número de empregos gerados (LOURENÇO et al., 2009).

Para o cultivo do algodão, é necessário solo fértil, rico em matéria orgânica, e, em consequência dos avanços tecnológicos e condições favoráveis como terras planas (cerrado), que permitem mecanização das lavouras, climas bem definidos, alternativa para rotação com a soja e programas de incentivo à cultura, o algodão vem ressurgindo de forma marcante desde a década de 90 (ALVES; BARROS; BACCHI, 2008).

Devido à exportação, o algodão deixou de se concentrar nas regiões Sul e Sudeste e se expandiu para a região Centro-Oeste (BARROS, 2009; CRUZ, 2008; RICHETTI et al., 2003). A partir de 2005, através da liberação comercial da cultivar Bollgard I Evento 531 da Monsanto, denominada NuOPAL (CTNBio, 2005), muitas pesquisas estão voltadas para verificar o desempenho desta cultivar, que expressa proteínas tóxicas (α -endotoxinas) da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. *kurstaki*, altamente patogênicas para lagartas de lepidópteros em geral (CTNBio, 2005).

O algodão pode ser cultivado em diferentes épocas durante a estação das chuvas, esta condição é principalmente encontrada da região do cerrado, uma das maiores regiões produtoras da cultura. O plantio do algodão realizado a partir de novembro até meados de dezembro é considerado algodão safra (BUZATI, 2012). Ainda existe a possibilidade do plantio do algodão safrinha, ou também considerado como segunda safra, que geralmente vem após uma cultura de verão já colhida, que pode ser a soja de ciclo precoce ou super-precoce, normalmente semeada na segunda quinzena do mês de janeiro. Entretanto, essas combinações podem variar em função da variação climática de cada região. Este tipo de cultivo está ganhando espaço, principalmente nas regiões onde o período das chuvas é mais estendido, ou que permitam uma semeadura antecipado da soja (BUZATI, 2012; AMARAL; SILVA, 2006).

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta de ciclo anual, cultivado durante o inverno e a primavera (MARINI et al., 2011) e é considerado um dos cereais mais produzidos no mundo. No Brasil, a produção anual oscila entre cinco e seis milhões de toneladas (REIS, FORCELINE, REIS, 2007), sendo as principais áreas de cultivo localizadas nas regiões Sul

(RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-Oeste (MS, GO e DF). Embora cerca de 90% da produção de trigo esteja atualmente localizada no Sul do Brasil, o cereal vem sendo introduzido na região do cerrado, sob irrigação ou sequeiro e devido à sua facilidade de adaptação pode ser cultivado em regiões subtropicais e tropicais (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2007). As condições climáticas, como o excesso de chuva, ocorrência de geadas ou déficit hídrico no florescimento, são fatores que podem influenciar no rendimento e qualidade dos grãos, que pode variar de acordo com cada região (GUARIENTI, 1996). O impacto dessas condições ambientais, tanto pode causar perdas de rendimento físico, quanto afetar negativamente o padrão de qualidade tecnológica dos grãos.

Na região sul, o estado do Paraná adota sistemas de produção, como a sucessão de culturas, que pode variar em função da região, com o predomínio de soja no verão e de trigo no inverno, para a metade Sul e Sudoeste (região subtropical) e de soja no verão e de milho safrinha no inverno, nas regiões norte e oeste do Estado (região de transição climática). Essas sucessões são baseadas em condições como precipitação pluviométrica, disponibilidade de água no solo, menor temperatura durante a fase reprodutiva entre outros fatores (FRANCHINI et al., 2011). O trigo, por não ser hospedeiro de diversas doenças e pragas que acometem culturas de verão, é uma importante alternativa para a rotação de culturas, no período de inverno, em sequência às culturas de soja, milho ou feijão (VI REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2013).

A aveia (*Avena strigosa*), outro cereal de inverno, é uma forrageira de clima temperado e subtropical, anual, de hábito ereto, com desenvolvimento uniforme e bom perfilhamento (KICHEL; MIRANDA, 2000). É considerada uma planta de cobertura e, segundo Wildner e Dadalto (1992), sua utilização durante o período de entressafra proporciona a melhoria da capacidade produtiva do solo, favorecendo a sua estruturação e fornecendo nutrientes às culturas em sucessão (MAI et al., 2003).

Todas as culturas citadas, tanto as utilizadas nos períodos de safra como na entressafra, durante verão e inverno, são componentes essenciais para o desenvolvimento econômico do país. Para que ocorra o bom desempenho dessas culturas são necessários diferentes manejos para garantir a sustentabilidade da agricultura, que irá variar de acordo com cada região. As práticas agrícolas adotadas em alguns sistemas de cultivo são fundamentais para permitir bons rendimentos. Tanto a monocultura, quanto o sistema de sucessão de culturas como soja-milheto, soja-trigo entre outros, contribuem negativamente na disponibilidade de nutrientes do solo, assim como em sua degradação física e biológica, além

de tornar o plantio favorável ao surgimento de pragas e doenças, uma vez que as pragas-chave conseguem se estabelecer no sistema (MACRAE et al., 2005; HAUGAASEN, 2009).

Outro sistema de cultivo como a rotação de culturas, que alterna diferentes cultivos em uma mesma área, ao contrário do monocultivo, proporciona inúmeras vantagens ao solo, oferecendo proteção contra erosão, melhorando a qualidade física, química e biológica do solo, exercendo maior controle sobre pragas e doenças, além da produção de diversos produtos agrícolas (FRANCHINI et al., 2011). As condições climáticas mais favoráveis no sul do Brasil faz com que seja possível mais opções de rotação de cultura, envolvendo tanto as culturas de verão como as de inverno. No centro do país, nas regiões de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais entre outros estados, onde as condições climáticas proporcionam chuvas escassas entre os meses de maio e agosto, torna-se difícil executar cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com agricultura irrigada.

Neste contexto, é importante salientar que um dos principais problemas encontrados na agricultura e que causam redução na produtividade, em qualquer época do ano, são os insetos-praga, responsáveis por grande parte dos danos econômicos em todo o mundo (MACRAE et al., 2005; MURTHY; REDDY; KAVURI, 2007; HAUGAASEN, 2009). Plantas cultivadas como soja, algodão, milho, trigo e aveia são hospedeiras de diversas pragas com diferentes níveis de polifagia, capazes de causar prejuízos econômicos, como o complexo *Spodoptera* spp., a lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis*, a lagarta *Chysodeixis includens*, *Helicoverpa armigera*, a lagarta-rosca (*Agrotis* spp.), os pulgões (*Aphis gossypii* e *Myzus persicae*), o curuquerê *Alabama argillacea* entre vários outros insetos (ZUCCHI et al., 1993; HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; ALMEIDA et al., 2008; CZEPAK et al., 2013).

Muitas vezes para o controle dessas pragas ocorre o excesso da utilização de insumos químicos e, por consequência, ocorre desequilíbrio entre pragas e seus inimigos naturais, proporcionando o aparecimento de pragas secundárias. Os sistemas de produção na região Centro-Oeste passaram por grandes mudanças, onde a soja, principal cultivo de verão, é semeada no início do período chuvoso (final de setembro), com o uso cada vez mais intenso de cultivares precoces, o que permite a colheita a partir de janeiro e a semeadura concomitante de algodão, milho ou feijão, e ainda, no inverno, a ocupação da área por pastagens (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012). A utilização do mesmo espaço por diferentes culturas permitiu a adaptação de algumas pragas, que prevalecem de forma contínua ao longo de um grande período de tempo entre as lavouras. Com isso, aumenta-se o risco de ocorrência de resistência das pragas aos inseticidas usados

para seu controle, pela maior pressão de seleção (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012).

O status de praga de uma determinada população de insetos depende da densidade de indivíduos e do tipo de prejuízo que esses insetos podem causar, principalmente econômicos. Com a crescente preocupação com as questões ambientais, estratégias como o Manejo Integrado de Pragas (MIP) são importantes, visando uma produção limpa e sustentável e, para que isso ocorra, o planejamento da lavoura é essencial. Seja qual for a estratégia adotada, é necessário o máximo de informações sobre as pragas-chave, pois esta abordagem é imprescindível para subsidiar tomada de decisões, baseadas em fundamentos ecológicos, muitas vezes negligenciados na rotina do controle de pragas, usualmente adotados pelos agricultores (MORSE; BUHLER, 1997; KOGAN, 1998).

2.1.1 O Complexo *Spodoptera* spp.

Áreas cultivadas durante o ano todo podem fornecer condições ideais de alimento, para a sobrevivência de insetos polívoros, como lagartas e percevejos, desencadeando o crescimento populacional de espécies antes consideradas pragas secundárias, resultando em sérios danos às lavouras (PANIZZI, 1997; CHOCOROSQUI, 2001). Nos agroecossistemas, plantas denominadas invasoras (daninhas) são utilizadas por algumas pragas como hospedeiros secundários e/ou temporários, na ausência dos hospedeiros principais. No final do ciclo das culturas, muitos insetos abandonam os campos cultivados, dirigindo-se aos abrigos constituídos por plantas silvestres, ou para culturas diferentes de seu hábito alimentar, utilizando-as como refúgio e locais de alimentação como ocorre com as pragas do complexo *Spodoptera* spp.

O gênero *Spodoptera* Guenée (1852) é composto por várias espécies, conhecidas por serem pragas agrícolas com alto grau de polívoros, causando danos em várias culturas de interesse econômico, entre elas destacam-se os cereais, as pastagens (POGUE, 2002), o eucalipto (SANTOS et al., 1980) e as hortaliças (SILVA et al., 1968). As mariposas desse gênero possuem, em sua maioria, asas anteriores com coloração variando de tons de cinza a marrom, sua envergadura pode atingir de 8 a 22 mm e as asas posteriores apresentam coloração branca ou as vezes translúcidas (POGUE, 2002). A taxonomia deste gênero é dificultada pelo dimorfismo sexual e semelhanças interespecíficas nos padrões de coloração, o que acaba por favorecer a existência de vários nomes para a mesma espécie (POOLE, 1989; POGUE, 2002). Ainda, as lagartas deste gênero são exemplos de pragas que

vêm crescendo em importância econômica em diversas culturas como soja, algodão e milho (FIGUEIREDO et al., 2006; BUENO et al., 2010; SANTOS et al., 2010).

2.1.2 *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda (SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) ataca diversas culturas economicamente importantes, em vários países. Na fase larval, é conhecida como lagarta-do-cartucho, sendo a principal praga da cultura do milho no Brasil (PRAÇA; SILVA NETO; MONNERAT, 2006), provocando prejuízos irreparáveis quando não manejada adequadamente. As perdas de produtividade no país pelo ataque desta praga podem chegar a 60%, dependendo do genótipo, estágio de desenvolvimento da planta e época de cultivo (CARNEVALLI; FLORCOVSKI, 1995; CRUZ et al., 1999). O inseto também ataca e causa danos a outras culturas como algodão, arroz, alfafa, amendoim, batata, couve, soja, feijão, repolho, sorgo, trigo e tomate (CRUZ; MONTEIRO, 2004).

A mariposa (Figura 1A) mede cerca de 40 mm de envergadura e tem a coloração das asas anteriores parda-escuras e posteriores branco-acinzentadas, com pontos claros na região central de cada asa. A atividade das mariposas começa ao pôr-do-sol e atinge seu pico entre duas e quatro horas mais tarde, quando ocorre o acasalamento (CRUZ, 1995). A longevidade do adulto é de aproximadamente 12 dias e a oviposição ocorre a partir do segundo dia após a emergência da fêmea. O ciclo completo do inseto (ovo-adulto) ocorre em aproximadamente 30 dias (MURÚA; VIRLA, 2004).

Figura 1 – *Spodoptera frugiperda*: fêmea adulta (A) e lagarta (B).



Os ovos são colocados agrupados em massas recobertas por escamas e pelos, com média de 100 ovos, em camadas sobrepostas e, aparentemente, não há local preferido na planta (CRUZ; FIGUEIREDO, 1994). O número de posturas depositado por

fêmea é de no máximo treze (CRUZ, 1995). No entanto, a fertilidade das fêmeas pode variar de acordo com a alimentação que o inseto recebe no período larval (MURÚA; VIRLA, 2004). A fase de ovo a 25°C tem duração de três dias e viabilidade média de 92% (MURÚA; VIRLA, 2004). As lagartas (Figura 1B) inicialmente são claras, passando para pardo escuro a esverdeada até quase preta. Iniciam a alimentação pelo cório dos próprios ovos e depois raspam as folhas mais novas da planta (LUGINBILL, 1928). A larva recém-eclodida tece um fio de seda que é usado como meio de dispersão e/ou escape de inimigos naturais (CRUZ, 1994; GALLO et al., 2002). No final da fase larval chega a atingir 50 mm de comprimento (CRUZ, 1994; GALLO et al., 2002).

Devido ao hábito canibal da espécie, normalmente encontra-se apenas uma lagarta desenvolvida por planta. Para a formação da pupa, a lagarta prefere geralmente solos arenosos. Em situações onde o solo é muito argiloso, já foram encontradas pupas na planta (SARMENTO et al., 2002). A pupa possui coloração avermelhada até quase preta e tem duração média de 10 a 12 dias (CRUZ, 1994; GALLO et al., 2002). A duração do ciclo de desenvolvimento de *S. frugiperda* pode variar em função do hospedeiro utilizado. No estado do Rio Grande do Sul, o ciclo de desenvolvimento de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de arroz e capim-arroz foi avaliado e os resultados mostraram que insetos criados em capim-arroz desenvolvem-se mais rapidamente, com duração da fase larval variando entre 22 dias para arroz e 18,60 dias para capim-arroz (BOTTON et al., 1998). Três cultivares de milho foram testadas para verificar a influência da cultura no desenvolvimento de *S. frugiperda* e observou-se que a duração da fase larval variou entre os genótipos de 14,71 a 21,49 dias (MELO; SILVA, 1987).

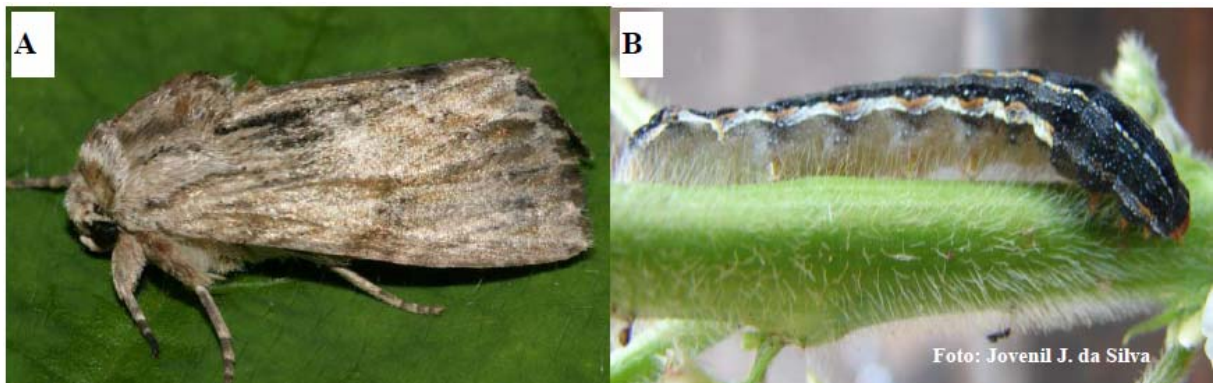
2.1.3 *Spodoptera eridania*

A mariposa de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) possui cor cinza (Figura 2 A), com uma mancha preta no primeiro par de asas, possui cerca de 40 mm de envergadura, e asas posteriores de coloração esbranquiçada (MOREIRA; ARAGÃO, 2009). Elas ovipositam grandes quantidades de ovos nas folhas, os quais ficam cobertos por escamas e pelos que são expelidos pela própria mariposa. A eclosão ocorre após quatro a seis dias e, nessa fase, o inseto possui três pares de pernas torácicas, quatro pares de pernas abdominais e um par de pernas na região anal.

As lagartas desta espécie (Figura 2B) são polífagas que podem medir 50 mm de comprimento. Apresentam cor inicialmente verde e depois se tornam cinza com três

linhas avermelhadas ou amareladas no dorso. Nas linhas laterais existe uma mancha escura que interrompe a listra clara no terceiro segmento do abdômen (MOREIRA; ARAGÃO, 2009). As pupas se desenvolvem no solo, por isso apresentam coloração marrom e são geralmente encontradas a poucos centímetros de profundidade. A duração do ciclo de desenvolvimento de *S. eridania* pode variar em função do hospedeiro utilizado. Lagartas de *S. eridania* desenvolvidas em folhas de batata doce e bracatinga apresentaram duração do estágio larval de 18,1 e 32,0 dias, respectivamente (MATTANA; FOERSTER, 1988). Já para lagartas alimentadas com algodão, corda-de-viola e soja a duração média do período larval foi de 15,9 dias para algodão, 15,7 dias para corda-de-viola e 18,3 dias para soja (SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005).

Figura 2 – *Spodoptera eridania*: fêmea adulta (A) e lagarta (B).



Esta espécie também é conhecida como lagarta-das-folhas ou lagarta-das-vagens, e embora antes fosse considerada de importância secundária como praga, nos últimos anos tem acarretado prejuízos significativos em diversas culturas como algodão e soja (SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005; SANTOS et al., 2010), tomate (MIRANDA et al., 2005) e algumas frutíferas (NORA; REIS FILHO; STUKER, 1989; FONSECA, 2006). Na soja, inicialmente, os danos são causados pela raspagem da superfície das folhas e depois passam a devorar, principalmente, vagens e grãos. As lagartas de *S. eridania* assim como de *S. cosmioides* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) compõem um importante grupo de pragas com hábito desfolhador e que também se alimentam das vagens de soja, danificando os grãos e permitindo a entrada de microrganismos (GALLO et al., 2002). Alguns autores atribuem esses surtos da praga, em algumas regiões, devido à aplicação excessiva de inseticidas químicos de amplo espectro, que acabam por eliminar inimigos naturais dessa espécie que mantinham a população da praga em equilíbrio (HABIB; PALEARI; AMARAL, 1983; BAVARESCO et al., 2003).

2.1.4 *Spodoptera cosmioides*

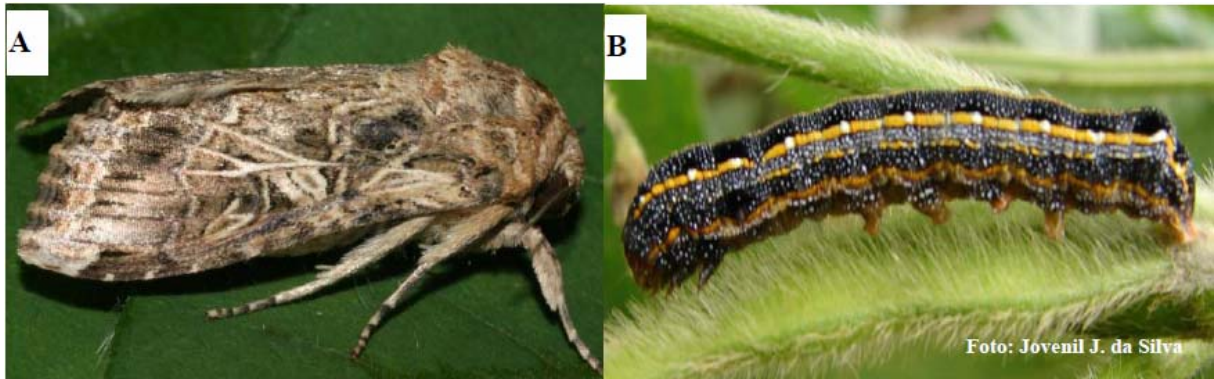
Assim como as demais espécies de *Spodoptera*, a espécie *S. cosmioides* também se alimenta de uma grande variedade de plantas cultivadas e invasoras. No Brasil, diversas culturas de interesse econômico como aveia, aspargo, berinjela, beterraba, cafeeiro, cebola, soja, milho, feijão, sorgo, tomate, trigo, girassol, entre outras são consideradas suas hospedeiras (SANTOS et al., 1980; HABIB et al., 1983; BAVARESCO et al., 2003, 2004; PASTRANA, 2004; SPECH et al., 2004).

As mariposas (Figura 3A) dessa espécie medem aproximadamente 40 mm de envergadura. As fêmeas apresentam coloração parda com desenhos brancos nas asas anteriores e asas posteriores brancas, enquanto os machos apresentam as asas anteriores amareladas com desenhos escuros, sendo estas características que permitem a diferenciação de sexo na espécie (SANTOS et al., 2003). Os ovos são colocados em massas irregulares, podendo conter entre 30 e 300 ovos (KING; SAUNDERS, 1984), na face inferior das folhas, perto da nervura principal, e possuem coloração amarela recobertos por escamas, que é uma estratégia de proteção adotada pela fêmea.

As lagartas (Figura 3B) recém-eclodidas possuem o corpo de cor marrom-claro e a cabeça preta. Nos primeiros estádios de crescimento, as lagartas apresentam tom pardo-negro-acinzentado, com três listras longitudinais alaranjadas, uma dorsal e duas laterais, com pontos brancos (SANTOS et al., 2003). Acima dos pontos brancos estão presentes triângulos pretos apontando para o dorso do inseto. Lagartas desenvolvidas atingem 40-48 mm de comprimento, são pardas e apresentam uma faixa mais escura entre o 3º par de pernas torácicas e o 1º par de falsas-pernas abdominais e outras duas faixas na extremidade final do abdome (SANTOS et al., 2003). As pupas apresentam o padrão comum aos noctuídeos, são encontradas no solo, abrigadas dentro de um envoltório pouco elaborado de coloração marrom, medindo em torno de 15 a 30 mm de comprimento e 4 a 5 mm de largura (ANGULO; WEIGERT, 1975).

A duração da fase larval é influenciada pelo hospedeiro em que se encontra. Habib et al. (1983) observaram duração para a fase larval de 13,4 e 16,9 dias para algodão (95% de viabilidade) e soja (92% de viabilidade), respectivamente. Bavaresco et al. (2003) relataram duração média da fase larval de 28 dias para *S. cosmioides* alimentadas com soja e 21,3 dias para lagartas alimentadas com feijão.

Figura 3 – *Spodoptera cosmioides*: fêmea adulta (A) e lagarta (B).



Como *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* se tratam de pragas com ocorrência relativamente recente em algumas culturas, não existindo ainda estudos que correlacionem os prejuízos causados. A falta de conhecimentos básicos para o manejo como a flutuação populacional, planos de amostragens e nível de controle dificultam o manejo dessas espécies. Neste trabalho, foram realizados estudos objetivando o conhecimento de alguns aspectos da bioecologia destas espécies que têm caráter fundamental para subsidiar tomada de decisões, baseadas em fundamentos ecológicos, muitas vezes negligenciados na rotina do controle de pragas. Muitos aspectos da biologia, comportamento e fisiologia dos insetos estão inseridos dentro de um contexto mais amplo que determina as técnicas utilizadas no manejo.

2.2 MECANISMOS DE ESCOLHA E ADAPTABILIDADE HOSPEDEIRA EM LEPIDÓPTEROS

Muitos aspectos da biologia, comportamento e fisiologia dos insetos estão inseridos dentro de um contexto mais amplo que irá determinar quais são as melhores técnicas para serem utilizadas em seu manejo (GAZZONI et al., 1981; PICANÇO et al., 2001). Devido ao hábito polífago de uma gama de insetos considerados nocivos à agricultura, a utilização de várias fontes alimentares como recurso ocorre comumente no agroecossistema e contribui para o aumento da densidade populacional desses insetos em diferentes períodos do ano (SÁ et al., 2009). Embora o complexo *Spodoptera* ainda não seja praga-chave de soja, algodão, entre outras culturas, a intensa exposição dessas plantas à pressão populacional desses insetos pode aumentar sua ocorrência, selecionar novas pragas e novos hábitos pela coexistência no mesmo agroecossistema.

É importante salientar que o hospedeiro exerce forte influência sobre o desenvolvimento de insetos alterando, assim, a dinâmica populacional (BOREGAS et al., 2013). O desempenho da praga, no que se refere à oviposição, desenvolvimento e reprodução,

pode ser afetado em resposta às características físicas, químicas e biológicas do alimento ingerido, assim como pela interação desses alimentos com fatores bióticos e abióticos do agroecossistema (PANIZZI; PARRA, 1991). O estudo dos mecanismos comportamentais pelos quais os insetos escolhem as plantas hospedeiras contribui para explicar os padrões observados na natureza. O recurso utilizado como fonte alimentar está profundamente relacionado ao comportamento e fisiologia do inseto (SLANSKY; RODRIGUES, 1987). Isto ocorre porque a eficiência no aproveitamento do alimento depende de uma série de comportamentos, incluindo a localização de fontes hospedeiras, reconhecimento e aceitação de alimentos adequados pelas fêmeas (MATTHEWS; MATTHEWS, 1978) entre outros.

Nesse contexto, várias hipóteses tentam vincular escolha de oviposição e performance da prole com o comportamento de oviposição da mariposa, que pode ser influenciado por sua própria experiência larval (princípio de Hopkins ou condicionamento pré-imaginal) (CORBET, 1985). A maioria dos estudos de preferência hospedeira para oviposição em Lepidoptera mostra que as fêmeas utilizam critérios para escolha e a mudança hospedeira segue uma hierarquia de forma que ovipositam na mais preferida, na ausência do hospedeiro principal na segunda mais preferida e assim sequencialmente (SINGER, 1982, 1983). O desempenho das lagartas durante alimentação pode ser afetado pela arquitetura, tamanho e morfologia das plantas e seus órgãos (LAWTON, 1983; KARBAN, 1992). Quando as fêmeas ovipositam, após a eclosão, as larvas podem se mover pela planta para escolher um micro-habitat mais adequado. Lagartas neonatas podem rastejar ou se dispersar por balonismo, ou seja, usando uma linha de seda que pode ser levada pelo vento (ácaros e larvas de mariposa) (BELL et al., 2005).

Para compreender a adaptabilidade hospedeira são necessários estudos sobre as características fisiológicas dos insetos como a eficiência na conversão de nutrientes, crescimento e ganho de peso. No entanto, outros fatores não relacionados com a preferência hospedeira podem influenciar na quantidade de alimento ingerida pelo inseto. Por exemplo, as larvas podem consumir mais de hospedeiros com baixo teor de proteínas e rico em outros elementos, para compensar o baixo valor nutricional. Além disso, o comportamento alimentar pode diferir, significativamente, entre o primeiro e o último estágio de desenvolvimento do inseto (ZALUCKI et al., 2002). Outro fator também é a privação hospedeira, ou seja, um inseto em longo período de privação alimentar pode ter sua capacidade de discriminação hospedeira reduzida (SIMPSON, 1995).

A compreensão do desempenho de pragas como as do complexo *Spodoptera* spp., em diferentes hospedeiros, fornece subsídios para o entendimento da ecologia e manejo

de pragas em sistemas que envolvam rotação ou sucessão de culturas, bem como estratégias para o manejo de resistência funcionando como área de refúgio, diante da crescente pressão de seleção exercida pela utilização intensiva de insumos químicos e cultivares geneticamente modificados (CTNBio, 2011). Esses fatores são diretamente afetados pelas relações biológicas entre praga e espécie hospedeira. Seu estudo e compreensão são importantes para elaboração de técnicas de manejo mais sustentáveis.

3 ARTIGO A:

ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS

3.1 RESUMO

Spodoptera frugiperda (SMITH, 1797) é uma praga de importância crescente em diferentes culturas do sistema produtivo de grãos, que vem causando prejuízos econômicos devido a desfolha e lesão que causa nas estruturas reprodutivas das plantas cultivadas. Isso ressalta a necessidade de estudos avaliando seu desenvolvimento e nutrição em diferentes hospedeiros. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o desenvolvimento de *S. frugiperda* em diferentes espécies de plantas hospedeiras e em dieta artificial como padrão de comparação. As lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em copos parafinados e alimentadas com folhas de soja, algodão milho, trigo, aveia e dieta artificial. As variáveis biológicas avaliadas de *S. frugiperda* foram: duração de pré-pupa, pupa, período larva-adulto (dias), peso de pupas (gramas), razão sexual, sobrevivência (%), preferência alimentar de lagartas, preferência de oviposição com e sem chance de escolha e variáveis nutricionais. A sobrevivência e a razão sexual das lagartas não foram afetadas pelo alimento oferecido. Entretanto, a duração do período larva-adulto foi menor nos tratamentos com gramíneas, com destaque para o trigo que teve menor duração larva-adulto entre os hospedeiros avaliados. O algodão e a soja foram os alimentos que mais prolongaram o ciclo de desenvolvimento das lagartas, sendo que no algodão também foram originadas as pupas de menor peso. A atratividade alimentar, foi mais evidente para lagartas de 3^o ínstar, não diferiu estatisticamente entre trigo, aveia, milho e soja. As mariposas apresentaram preferência de oviposição pelo trigo nos testes com e sem chance de escolha. As variáveis nutricionais mostraram que os tratamentos tiveram influência significativa no crescimento, consumo e alimento digerido pelos insetos. Em geral, os resultados mostraram que as gramíneas são os melhores alimentos para o desenvolvimento de *S. frugiperda*, semelhantes ao padrão dieta artificial. Além do milho, o trigo e aveia são hospedeiros favoráveis para o desenvolvimento dessa lagarta. Entre os alimentos testados, algodão foi o alimento mais desfavorável para *S. frugiperda* seguido pela soja. Essas informações são de grande importância para a melhor compreensão da dinâmica populacional de *S. frugiperda* nessas diferentes culturas e futuramente traçar estratégias de manejo integrado e manejo de resistência.

Palavras-chave: Consumo. Atratividade alimentar. Preferência hospedeira.

3.2 ABSTRACT

Spodoptera frugiperda (SMITH, 1797) is a pest that have its economic importance increase in different crops causing economic losses due to defoliation in reproductive structures of plants. This increases the need for studies to evaluate their development and nutrition in different hosts. Thus, the objective of this work was to study the development of *S. frugiperda* in different host species and in artificial diet as a standard. So, newly hatched larvae were individualized in waxed paper cups and fed with soybean, cotton, corn, wheat and oats leaves of and artificial diet. The biological parameters evaluated were: duration of pre-pupa larva, pupa, adult-period (days, pupal weight (grams), sex ratio, survival (%), food attractiveness, preference for oviposition in choice and no choice tests and nutritional parameters. The survival and sex ratio of adults were not affected by the offered food. However, the duration of the larval-adult period was lower in treatments with grasses with emphasis for wheat which provided a shorter duration larva-adult when compared to the other foods. Larvae fed with cotton and soybean had a longer development cycle, and when fed with cotton also originated the lower weight of pupae. The preference for food was more evident for third instar larva and were not statistically differed between wheat, oats, corn and soybeans. Moths showed preference for oviposition in wheat in choice and no choice tests. For nutritional parameters it was observed that treatments had significant influence on the growth, consumption and digested of food by the insects. In general, the results showed that grasses are the best food for the development of *S. frugiperda* and similar to standard artificial diet. In addition to corn, wheat and oats has a great potential for larval development. Among the tested foods, cotton was the food more unfavorable to larvae followed by soybean. Such observations is of great importance for a better understanding of the population dynamics of this pest in the different crops and future development of management strategies for control and management resistance of *S. frugiperda*.

Keywords: Consumption. Food attractiveness. Host preference.

3.3 INTRODUÇÃO

Spodoptera frugiperda (SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga polífaga relatada em diversos países como o Brasil, Argentina, EUA e outros (BUSATO et al., 2004, PROWELL et al., 2004; CLARK et al., 2007) causando injúrias e danos econômicos em diferentes culturas entre as quais destacam-se o milho, a soja, o algodão, o feijão entre outras plantas hospedeiras (POGUE, 2002; BUSATO et al., 2002; NAGOSHI, 2009; BUENO et al., 2011). No milho, essas lagartas são encontradas atacando, em sua maioria, o cartucho das plantas, onde consomem grande quantidade de área foliar antes das folhas se desenvolverem. O intenso ataque, ainda nos primeiros estádios de desenvolvimento da planta, pode destruir a região basal do caule formador das novas folhas, podendo levar à morte do colo e de todo o conjunto da parte aérea, inclusive espigas e raízes das plantas (WAQUIL et al., 1982; CRUZ et al., 1995). As perdas geralmente oscilam entre 17% a 38,7% da produção, podendo chegar a casos extremos de até 100%, dependendo do

ambiente e do estágio de desenvolvimento das plantas atacadas (WILLIAMS; DAVIS, 1984; CORTEZ; WAQUIL, 1997; MENDES et al., 2011). Em trigo e aveia, as lagartas de *S. frugiperda* são relatadas no início do desenvolvimento da cultura, desde a emergência até o afilamento (SALVADORI; RUMIATTO, 1982). Na soja, as lagartas consomem as folhas e depois as vagens em início de formação, já no algodão atacam os botões florais e maçãs (VELOSO; NAKANO, 1983; LUTTRELL; MINK 1999; BARROS et al., 2010).

Devido a essa ampla gama de hospedeiros, *S. frugiperda* constitui-se em uma das pragas mais nocivas para o sistema produtivo de culturas anuais nas regiões tropicais (BOREGAS et al., 2013) e seu manejo torna-se complexo, uma vez que os possíveis hospedeiros possuem fenologias diferentes e são cultivados em épocas distintas do ano, mas em áreas próximas, o que pode favorecer a movimentação dos insetos entre as várias culturas e até selecionar populações com novas preferências alimentares devido à intensa exposição desses insetos a esses cultivos (SANTOS et al., 2004; SÁ et al., 2009). A soja, por exemplo, apesar de não ser um de seus hospedeiros preferenciais, é uma das culturas mais abundantes no agroecossistema durante o verão, podendo favorecer o estabelecimento e a colonização do ambiente por comunidades de insetos herbívoros que inclui *S. frugiperda* (BOREGAS et al., 2013).

Sendo assim, estudos de biologia básica, relacionados ao consumo e utilização de alimento, além da preferência hospedeira por *S. frugiperda*, são importantes para abordar a interferência que a composição nutricional de diferentes culturas exerce sobre esta praga, que pode atuar na duração dos instares, peso corporal, longevidade de adultos, fecundidade, entre outros aspectos biológicos (SCRIBER; SLANSKY JR., 1981; PARRA, 1991; BOREGAS et al., 2013). Efeitos diversos sobre a utilização de alimento por *S. frugiperda* em hospedeiros como a corda-de-viola, arroz, milho e outras gramíneas foram descritos (BUSATO et al., 2002; SANTOS et al., 2005; NABITY et al., 2011), entretanto, nenhum estudo, até o momento, comparou os diferentes aspectos biológicos dessa praga alimentando-se das plantas cultivadas nos períodos de cultivo de safra (verão) e entressafra (inverno) como o presente estudo. Isto é crucial para compreender a sobrevivência, multiplicação e infestação desse inseto durante o ano no sistema de produção. Esses fatores, incluindo a imigração e emigração de adultos, contribuem para alterações na dinâmica da flutuação populacional dos insetos como *S. frugiperda* na paisagem agrícola (TISDALE; SAPPINGTON, 2001). Sendo assim, informações biológicas da praga, em diferentes hospedeiros, são úteis na elaboração de modelos para determinação de danos ocasionados pela praga (JONES et al., 1981; STIMAC, 1982), assim como para estabelecer recomendações de

rotação ou sucessão de cultura e modelos de composição da paisagem agrícola visando a redução populacional do inseto alvo.

Nos últimos anos, uma série de estudos sobre os aspectos biológicos, principalmente sobre o ciclo de desenvolvimento de *S. frugiperda*, tem sido realizada (BALL et al., 2006; SÁ et al., 2009; STORER et al., 2010). No entanto, nesses alguns detalhes do ciclo de vida de *S. frugiperda* em plantas hospedeiras deixaram de ser avaliados durante os períodos de safra. Estudo de fatores biológicos, fisiológicos e características ecológicas dos insetos pragas, em diferentes plantas hospedeiras, é uma forma de reconhecer a resistência da planta hospedeira para esses herbívoros (SARFRAZ et al., 2007) e uma necessidade de pesquisa visando aprimorar as táticas de manejo existentes. Nesse cenário, visando conhecer a importância de diferentes hospedeiros no desenvolvimento da espécie, o objetivo do presente trabalho foi estudar a biologia, atratividade alimentar, preferência de oviposição e parâmetros nutricionais de *S. frugiperda* em soja, milho, algodão, trigo e aveia em comparação com dieta artificial de Greene et al. (1976), que foi considerado tratamento padrão.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram conduzidos com lagartas da 35^a geração provenientes de criação de laboratório. As lagartas de *Spodoptera frugiperda* foram originalmente coletadas na cultura do milho, no município de Rio Verde- GO, em 2007, sendo mantidas desde então em laboratório na dieta de Greene et al. (1976), à base de feijão, germe de trigo, farelo de soja e caseína conforme metodologia de criação descrita por Parra (2001). Os experimentos foram conduzidos em condições controladas de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e de 14h) e campo, localizados na Embrapa Soja, Londrina, PR.

3.4.1 Biologia de *S. frugiperda* em Diferentes Plantas Hospedeiras

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. Cada repetição foi constituída de 10 lagartas individualizadas, totalizando, assim, 60 lagartas por tratamento. Os tratamentos avaliados foram soja (BRS 284), trigo (BRS Pardela), milho (DKB390), aveia (Embrapa 139), algodão (FMT 701) e dieta artificial de Greene et al. (1976), como tratamento padrão de comparação. Inicialmente, posturas de *S. frugiperda* foram individualizadas em copos parafinados com os diferentes alimentos e mantidos em câmaras climatizadas tipo BOD, com temperatura,

umidade e fotofase controladas até a eclosão das lagartas. Lagartas de 1^o ínstar foram individualizadas no mesmo alimento e mantidas na mesma BOD para avaliação diária das variáveis biológicas.

Para fornecer as folhas aos insetos, estas foram mergulhadas em hipoclorito de sódio (4%), em seguida enxaguadas em água destilada e o excesso de água retirado com papel toalha. Diariamente o alimento foi substituído e o período de duração larva-adulto, viabilidade da fase larval e pupal, peso de pupas (24 h) e razão sexual foram registrados.

3.4.2 Preferência Alimentar de *S. frugiperda* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Foram conduzidos dois experimentos em condições controladas de laboratório. Um dos ensaios foi conduzido com lagartas de 1^o e outro com lagartas de 3^o ínstar. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (folhas de soja, algodão, milho, aveia e trigo) e 30 repetições. Cada repetição foi constituída de um placa de Petri acrílica com 15 cm de diâmetro, forrada com papel filtro umedecido em água destilada que recebeu discos foliares da região mediana das folhas de soja, algodão e milho (2 cm de diâmetro) e cortes da região mediana das folhas de trigo e aveia (50-70g), semelhantes ao peso da área foliar das demais culturas testadas. O alimento foi distribuído de forma equidistante, visando avaliar a preferência alimentar de *S. frugiperda* por cada planta hospedeira. Quando o ensaio foi realizado com lagartas de 1^o ínstar, foram liberados 24 insetos no centro da placa de Petri. Diferentemente, quando o ensaio foi realizado com lagarta de 3^o ínstar, foram liberadas apenas 12 lagartas. Essa diferença no número de insetos foi devido aos tamanhos das lagartas e da placa. As avaliações foram feitas após 60 minutos e 24 h da liberação, verificando-se o número de insetos presentes sob os diferentes tratamentos (BOTTON et al., 1998).

3.4.3 Preferência para Oviposição de *S. frugiperda* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Foram conduzidos dois experimentos avaliando a preferência de adultos de *S. frugiperda* para a oviposição entre as plantas de soja, milho, algodão, trigo e aveia. Foram instalados em condições de campo no interior de casas teladas com 5 x 4 x 2,5 m (comprimento, largura e altura), com delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. Um dos experimentos foi conduzido com chance de escolha para oviposição da mariposa. Cada telado foi considerado uma repetição, e um segundo experimento foi conduzido sem

chance de escolha, onde em cada telado as mariposas foram confinadas com apenas uma das culturas. Para o ensaio com chance de escolha, em cada telado havia 10 vasos de cada cultura agrupados e equidistantes dos demais hospedeiros e para os ensaios sem chance de escolha cada telado continha 50 vasos de uma única cultura.

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para 20 litros, preenchidos com solo até 15 cm da borda superior, onde foi semeada a espécie hospedeira (algodão, milho, soja, trigo e aveia) na densidade de cinco plantas por vaso, semeadas em plantio escalonado, para obter sempre os mesmos estádios fenológicos entre as culturas. Para padronização dos experimentos, as plantas foram utilizadas quando possuíam de 8 a 10 folhas expandidas e completamente desenvolvidas. Após início da oviposição em laboratório (três dias de idade), as mariposas foram liberadas no interior das casas teladas no início da escotofase, na densidade de aproximadamente 100 casais de *S. frugiperda* por telado.. As posturas encontradas após 60h da liberação das mariposas foram retiradas e levadas ao laboratório para contagens de número de ovos e posição na planta (terço inferior, médio e superior).

3.4.4 Variáveis Nutricionais de *S. frugiperda* em Diferentes Plantas Hospedeiras

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados, com 30 repetições para cada cultura. Para a realização desse estudo, lagartas de *S. frugiperda* foram mantidas nos diferentes hospedeiros (soja BRS 284, trigo BRS Pardela, milho DKB 390, aveia Embrapa 139, algodão FMT 701) até a implantação dos tratamentos realizados no 3º instar larval. Ainda, como padrão de comparação, foi utilizada uma dieta artificial de Greene et al. (1976). Ao atingir o 3º instar, 30 insetos foram pesados para obtenção do peso inicial e posteriormente individualizados em copos parafinados e mantidos em câmara climatizada (BOD) ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h) nos respectivos tratamentos. Diariamente, o alimento de cada repetição foi substituído. Antes de fornecer as folhas aos insetos, estas foram mergulhadas em hipoclorito de sódio (4%), enxaguadas em água destilada e o excesso de água retirado com papel toalha. O alimento fornecido foi pesado diariamente em balança analítica com precisão de 0,0001g e o alimento remanescente removido e armazenado. As fezes produzidas também foram removidas e armazenadas. Ao atingir o último instar de desenvolvimento, as lagartas foram pesadas, mortas por congelamento e posteriormente secas em estufa, assim como o alimento remanescente e as

fezes produzidas por estas, mantidas a 55-60°C por 72h, até atingir peso constante indicando a completa desidratação.

As variáveis avaliadas foram: peso inicial de lagarta de 3º ínstar (mg), peso final das lagartas (mg), peso do alimento fornecido (mg), peso de fezes (mg) e tempo de alimentação (dias). Paralelamente, uma alíquota de 10 lagartas tiveram seu peso fresco e seco anotados para obtenção do fator de correção para o peso seco inicial, que foi calculado através da média do peso seco dividido pela média do peso fresco e o valor obtido foi multiplicado em todos os pesos frescos iniciais das lagartas utilizadas no ensaio (PARRA, 1991). O mesmo procedimento foi utilizado para obter o fator de correção do peso seco do alimento fornecido em função da perda de água. Todos os valores de peso obtidos foram transformados em peso seco para realização das análises.

3.4.4.1 Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por *S. frugiperda*

O crescimento e o consumo para os diferentes tratamentos foram obtidos pelo ajuste, respectivamente, do peso final da lagarta e quantidade de alimento consumido pela covariável tempo de alimentação. O ganho de peso foi estimado através do ajuste de peso final da lagarta pela covariável peso inicial. O peso final da lagarta, nos diferentes tratamentos, foi ajustado pela quantidade de alimento consumido e digerido (quantidade de alimento consumido menos a quantidade de fezes produzida pelos insetos) para determinar a eficiência de conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa. A assimilação dos alimentos foi obtida através da correção da quantidade de fezes produzida pela covariável quantidade de alimento consumido (RAUBENHEIMER; SIMPSON, 1994).

3.4.5 Análise Estatística

Os resultados dos diferentes bioensaios foram submetidos às análises exploratórias para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965), a homogeneidade de variância dos tratamentos e a aditividade do modelo (BURR; FOSTER, 1972), para permitir a aplicação da ANOVA. As médias foram então comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) (SAS INSTITUTE, 2009). Para avaliação dos parâmetros nutricionais, utilizou-se análises de covariância (ANCOVA) que foram realizadas para avaliar

o efeito das covariáveis sobre as variáveis de resposta e estimar o crescimento, consumo alimentar, eficiência na assimilação e conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa, além do ganho de peso, conforme proposto por Raubenheimer e Simpson (1992). Todas as análises de covariância foram realizadas utilizando-se os pesos secos.

Após a realização da ANCOVA, quando a interação entre a covariável e o tratamento foi significativa, considerou-se o efeito dos tratamentos ajustados pela covariável. Entretanto, quando a interação (covariável x tratamento) não foi significativa, utilizou-se o modelo de linhas paralelas, considerando-se somente o efeito dos tratamentos (PIUBELLI et al., 2005)

3.5 RESULTADOS

3.5.1 Biologia de *S. frugiperda* nas diferentes plantas hospedeiras

O estágio de pré-pupa teve menor duração somente para os insetos mantidos no tratamento com aveia, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si ($gl=34$; $p < 0,0001$). Para a duração da fase pupal, o menor período foi observado no trigo, com 8,54 dias, estatisticamente igual a aveia e milho (8,86 e 9,08 dias, respectivamente) (Tabela 3.1). Com relação ao período larva-adulto, lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de trigo, aveia e milho tiveram menor período de desenvolvimento larva-adulto do que aquelas mantidas em folhas de algodão e soja ($gl=35$, $p < 0,0001$) (Tabela 3.1). A diferença de período larva-adulto foi de 7,96 dias a mais do trigo para o algodão, 7,38 dias a mais da aveia para o algodão e 5,99 dias a mais do milho para o algodão e, em relação à soja, a diferença foi de 4,77 dias, 4,19 dias e 2,80 dias a mais do que para o trigo, aveia e milho, respectivamente (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Duração (média \pm EP) dos estágios de pré-pupa e pupa, período de desenvolvimento larva-adulto (dias) de *Spodoptera frugiperda* em diferentes alimentos sob condições controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Duração (dias)		
	Pré-pupa *	Pupa *	Larva-adulto *
Soja	1,89 \pm 0,06 a	9,58 \pm 0,16 ab	26,18 \pm 0,46 b
Algodão	1,97 \pm 0,09 a	9,44 \pm 0,19 ab	29,37 \pm 0,50 a
Trigo	1,89 \pm 0,08 a	8,54 \pm 0,09 c	21,41 \pm 0,15 e
Aveia	1,26 \pm 0,07 b	8,86 \pm 0,24 bc	21,99 \pm 0,27 de
Milho	1,69 \pm 0,07 a	9,08 \pm 0,11 abc	23,38 \pm 0,17 cd
Dieta Artificial**	1,87 \pm 0,04 a	9,70 \pm 0,20 a	24,69 \pm 0,31 c
p	<0,0001	0,0004	<0,0001
gl	34	35	35
F	15,38	6,74	83,10
CV (%)	9,31	4,61	3,24

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Greene et al. (1976).

A sobrevivência larva-adulto e a razão sexual não diferiram entre os hospedeiros (Tabela 3.2). Com relação ao peso de pupas, o maior valor foi observado em lagartas alimentadas com dieta artificial, seguidas por trigo que foi estatisticamente semelhante à aveia, e o menor peso foi observado nas lagartas alimentadas com folhas de algodão (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Sobrevivência (%) (média \pm EP), peso de pupas (gramas) e razão sexual de *Spodoptera frugiperda* em diferentes alimentos sob condições controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Sobrevivência larva-adulto ^{ns}	Razão Sexual ^{ns}	Peso de pupas *
Soja	88,06 \pm 4,39	0,51 \pm 0,09 ***	0,2047 \pm 0,0038 d
Algodão	79,40 \pm 5,35	0,37 \pm 0,10	0,1651 \pm 0,0035 e
Trigo	81,48 \pm 7,08	0,52 \pm 0,08	0,2343 \pm 0,0027 b
Aveia	76,15 \pm 6,23	0,46 \pm 0,11	0,2235 \pm 0,0017 bc
Milho	85,64 \pm 5,99	0,54 \pm 0,07	0,2156 \pm 0,0019 cd
Dieta artificial**	72,92 \pm 7,51	0,51 \pm 0,10	0,2889 \pm 0,0071 a
p	0,4872	0,6252	<0,0001
gl	35	35	34
F	0,92	0,81	154,20
CV %	18,09	12,47	3,46

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

^{ns} Não significativo. **Greene et al. (1976). ***Análise estatística realizada nos dados transformados em $\sqrt{X + 0.5}$.

3.5.2 Preferência Alimentar de *S. frugiperda* por Diferentes Plantas Hospedeiras

No ensaio de preferência alimentar para lagartas de 1º instar, avaliado 60 minutos após a liberação, foi observada pouca movimentação dos insetos, visto que a maioria das lagartas se encontrava no meio da placa (14,33). Os hospedeiros milho, soja, algodão e aveia apresentaram preferência semelhante, seguidos pelo trigo que foi o hospedeiro com menor número de insetos. Para as lagartas de 3º instar, no mesmo tempo de avaliação (60 min), foi detectado maior atratividade para o milho, semelhante à soja e algodão (Tabela 3.3).

Para o período de avaliação de 24 horas após a liberação das lagartas de 1º instar, os hospedeiros trigo e soja apresentaram maior atratividade e o alimento menos preferido foi o algodão. Para as lagartas de 3º instar, a preferência foi novamente maior, assim como no 1º instar, para soja e trigo, mas apresentaram também atratividade estatisticamente igual para a aveia, milho e algodão (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Preferência alimentar de *Spodoptera frugiperda* (1º instar n=24 e 3º instar n=12) aos 60 min e 24 h em diferentes hospedeiros (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e fotofase de 14h).

Tratamentos	Número de insetos							
	60 min				24 h			
	1º instar*		3º instar*		1º instar*		3º instar*	
Placa**	14,33 ± 0,56	a	3,4 ± 0,39	a	2,20 ± 0,37	c	1,33 ± 0,22	b
Soja	2,53 ± 0,38	b	1,97 ± 0,32	bc	5,87 ± 0,54	a	2,53 ± 0,29	a
Algodão	2,60 ± 0,30	b	1,57 ± 0,19	bc	0,97 ± 0,24	d	1,47 ± 0,21	ab
Aveia	1,90 ± 0,31	bc	1,23 ± 0,27	c	4,57 ± 0,52	b	2,53 ± 0,30	a
Trigo	0,97 ± 0,20	c	1,13 ± 0,23	c	6,30 ± 0,72	a	2,63 ± 0,33	a
Milho	2,50 ± 0,36	b	2,60 ± 0,29	ab	2,90 ± 0,28	c	1,50 ± 0,25	ab
CV (%)	67,1							

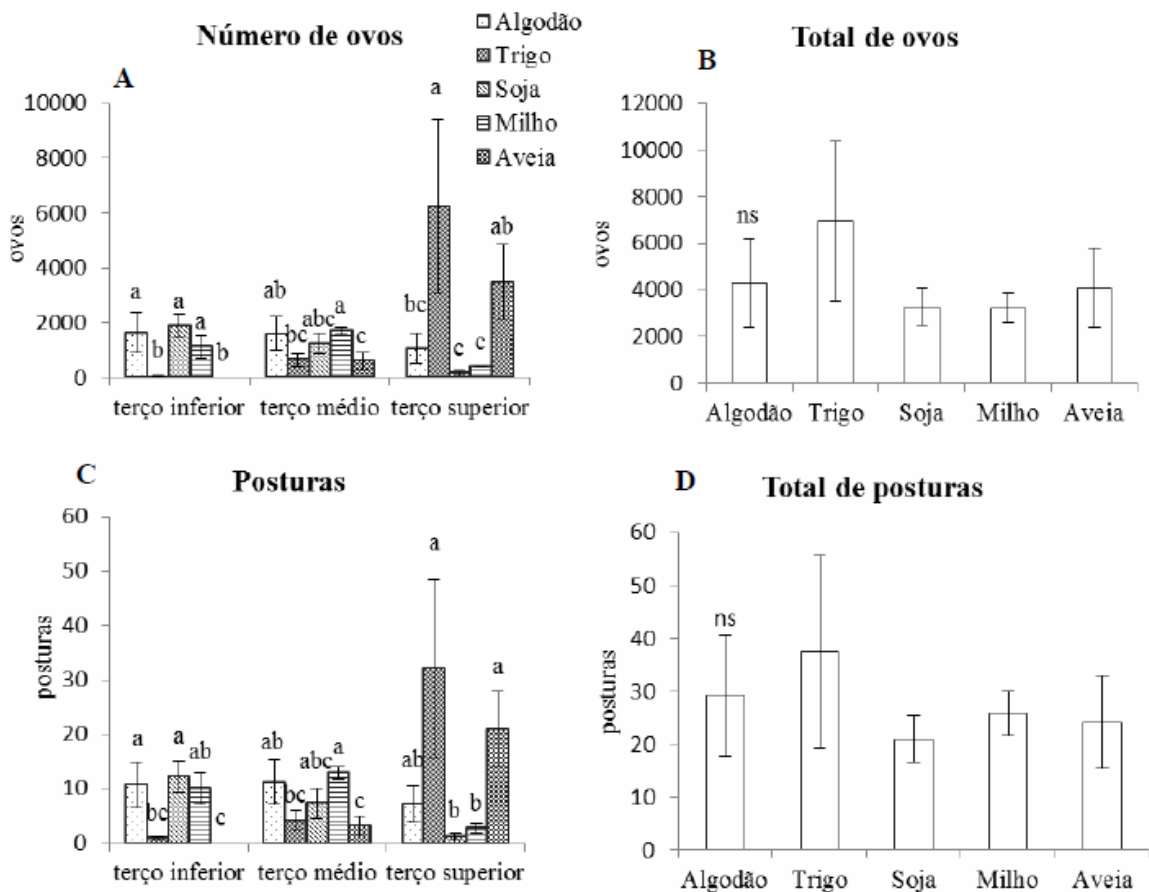
*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Insetos que não estavam sobre nenhum hospedeiro no momento da avaliação.

3.5.3 Preferência para Oviposição de *S. frugiperda* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Nos testes de preferência para oviposição de *S. frugiperda* sem chance de escolha (Figura 3.1), a quantidade de ovos encontrados na parte inferior e mediana das plantas de algodão, soja e milho foi maior em comparação a mesma região nas demais culturas (Figura 3.1A). Na região superior o maior número de ovos foi encontrado no trigo. Com relação ao total de ovos (Figura 3.1B) entre os hospedeiros, não houve diferença significativa.

As posturas efetuadas por *S. frugiperda* na região inferior e mediana (Figura 3.1C) da planta foi maior no algodão, soja e milho. Na região superior (Figura 3.1C) da planta, o algodão, o trigo e a aveia destacaram-se com maior número de posturas. Nos testes sem chance de escolha, as mariposas não apresentaram preferência de oviposição e, portanto, efetuaram posturas em todos os hospedeiros de maneira semelhante (Figura 3.1D).

Figura 3.1 – Número de ovos e de posturas (média \pm EP) de *Spodoptera frugiperda* em diferentes hospedeiros em testes sem chance de escolha. Médias seguidas de mesma letra para as figuras A e C não diferem entre si para cada região da planta (terço inferior, médio e superior) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas de mesma letra para as figuras B e D não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).^{ns}Não significativo.

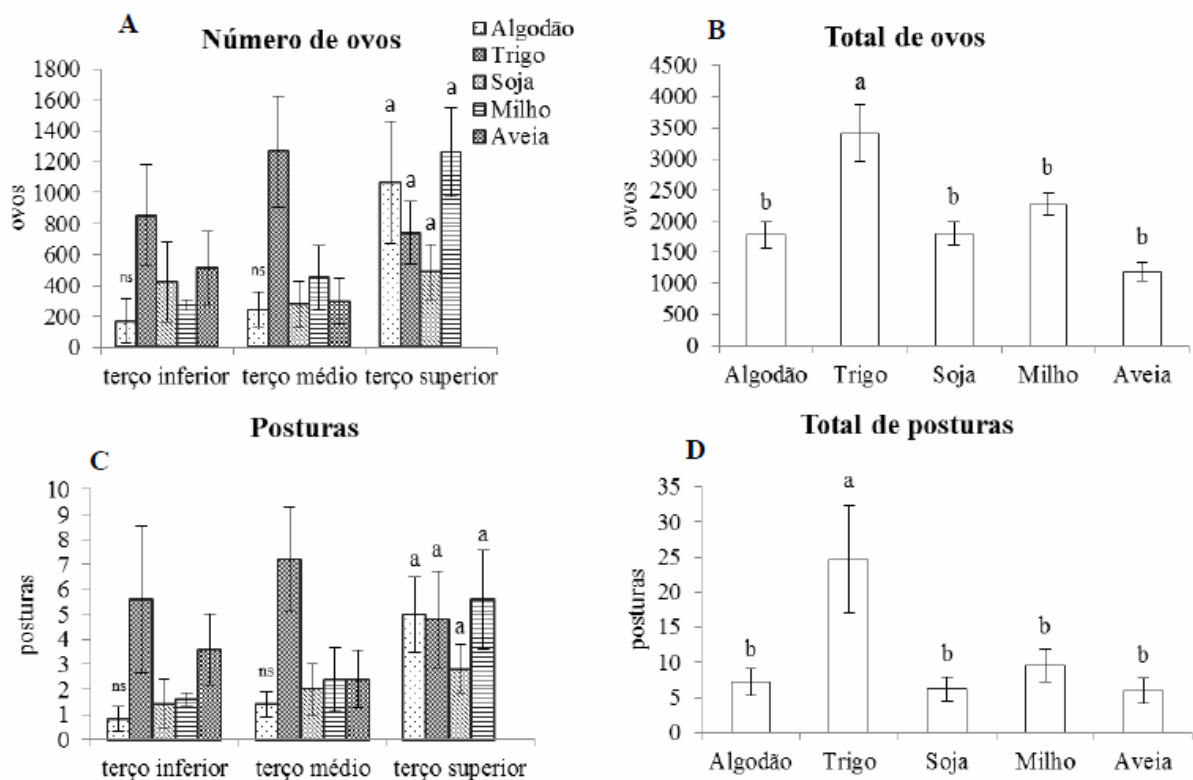


A preferência para oviposição de *S. frugiperda* em testes com chance de escolha (Figura 3.2), relacionados à posição dos ovos na planta (terço inferior e médio), não apresentou diferença significativa entre os hospedeiros algodão, soja, milho, trigo e aveia (Figura 3.2A). Na região superior, o maior número de ovos foi apresentado pelos hospedeiros algodão, soja, trigo e milho. Com relação ao total de ovos (Figura 3.2B) entre os hospedeiros,

o trigo apresentou a maior quantidade de ovos (3.411). Os demais hospedeiros não diferiram na quantidade de ovos encontrados.

O número de posturas (Figura 3.2C) no terço inferior e médio da planta não apresentou diferença significativa entre os hospedeiros algodão, soja, milho, trigo e aveia (Figura 3.2A). Na região superior, o maior número de ovos foi apresentado pelos hospedeiros algodão, soja, trigo e milho. Entre os hospedeiros avaliados, o mais preferido para oviposição de *S. frugiperda* foi o trigo (Figura 3.2D).

Figura 3.2 – Número de ovos e de posturas (média \pm EP) de *Spodoptera frugiperda* em diferentes hospedeiros em testes com chance de escolha. Médias seguidas de mesma letra para as figuras A e C não diferem entre si para cada região da planta (terço inferior, médio e superior) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas de mesma letra para as figuras B e D não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).^{ns}Não significativo.



3.5.4 Variáveis Nutricionais de *S. frugiperda* em Diferentes Plantas Hospedeiras

Os dados obtidos pela ANOVA apontaram que os tratamentos foram significativos para as variáveis peso inicial das lagartas (3° ínstar), peso final de lagarta, quantidade de alimento consumido, peso de fezes e tempo de alimentação (Tabela 3.4). As lagartas tiveram seu peso inicial influenciado pelos tratamentos soja, algodão e milho (Tabela

3.4). Os menores pesos foram observados principalmente na soja e no algodão, enquanto que lagartas alimentadas com aveia, trigo e a própria dieta artificial obtiveram pesos mais elevados, acima de 1,27 mg. Desempenho semelhante, com relação aos hospedeiros utilizados, foi demonstrado no peso final de lagartas. O milho e a soja foram os hospedeiros menos consumidos pelas lagartas, entretanto, lagartas alimentadas com milho permaneceram menos tempo se alimentando, enquanto que as lagartas alimentadas com soja e algodão prolongaram o período de alimentação (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Peso inicial de lagarta de 3º ínstar (mg), peso de lagartas (mg), alimento consumido (mg), peso de fezes (mg), tempo de alimentação (dias) (Média ± EP) de *Spodoptera frugiperda* em diferentes alimentos (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Peso Inicial de Lagarta (mg) *	Peso de Lagarta*** (mg)	Alimento consumido (mg) *	Peso de fezes (mg) *	Tempo de Alimentação (dias)
Soja	0,74 ± 0,06 cd	73,54 ± 11,06 c	497,63 ± 29,59 bc	133,86 ± 13,50 bc	12,00 ± 0,00 a
Algodão	0,49 ± 0,04 d	73,66 ± 16,49 c	720,62 ± 44,34 a	97,54 ± 21,83 c	12,00 ± 0,00 a
Milho	0,94 ± 0,05 c	82,53 ± 8,96 bc	462,19 ± 32,91 c	139,55 ± 11,54 bc	10,19 ± 0,17 c
Aveia	1,27 ± 0,09 b	140,67 ± 15,82 ab	745,15 ± 41,36 a	220,58 ± 24,32 a	10,95 ± 0,10 b
Trigo	1,31 ± 0,06 b	148,79 ± 16,41 a	809,97 ± 50,19 a	205,44 ± 24,48 ab	10,57 ± 0,11 bc
Dieta Artificial**	1,63 ± 0,05 a	180,74 ± 18,71 a	652,07 ± 43,84 ab	227,83 ± 19,93 a	10,47 ± 0,11 bc
CV%	28,22	56,14	28,86	50,58	4,95

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Greene et al. (1976).*** Último ínstar larval

3.5.4.1 Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por *S. frugiperda*

Através da ANCOVA, pode-se observar que não houve efeito interativo de tratamento e covariável peso inicial (Tabela 3.5a) na sua relação com o peso final. O efeito interativo dos tratamentos foi observado entre a covariável tempo de alimentação e o consumo (Tabela 3.5c) e a covariável consumo e o peso de fezes (Tabela 3.5 e). Também não ocorreu interação entre tratamento e alimento consumido (covariável) na conversão dos alimentos ingeridos em biomassa, avaliados pela relação consumo x peso final de lagarta (Tabela 3.5e), nem na conversão dos alimentos digeridos em biomassa (alimento digerido x peso final de

lagarta) (Tabela 3.5g). Da mesma forma, não houve efeito significativo das covariáveis, assumindo-se a validade dos dados obtidos pela ANOVA.

Tabela 3.5 – Análise de covariância (ANCOVA) do efeito dos diferentes tratamentos no ajuste de peso final de lagarta pela covariável peso inicial (a,b), peso final de lagarta pelas covariáveis tempo de alimentação e consumo (c,d,e,f), consumo pela covariável tempo de alimentação (c,d), peso de fezes pela covariável consumo (e,f), peso final de lagarta pela covariável alimento digerido (g,h) em *Spodoptera frugiperda* ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, fotofase de 14h e umidade relativa de $70\% \pm 10\%$).

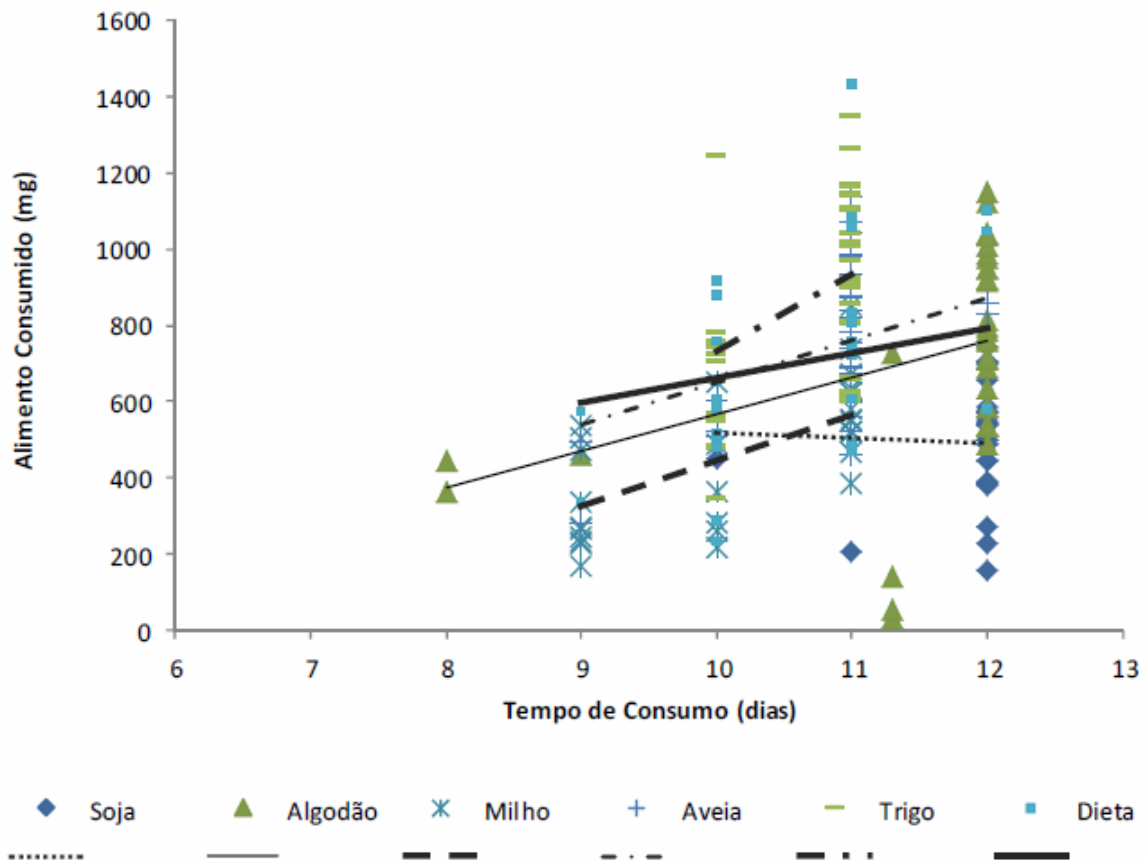
Variação	GL	Valor de F		
		Peso Final de Lagarta	Consumo	Peso de Fezes
(a) Peso Inicial (covariável)	1	0,07 ^{ns}	-	-
Tratamento	5	3,05 ^{ns}	-	-
Peso Inicial x Tratamento	5	1,28 ^{ns}	-	-
Resíduo	112	-	-	-
(b) Tratamento	5	4,92 ^{**}	-	-
Peso Inicial	1	0,07 ^{ns}	-	-
Resíduo	117	-	-	-
(c) Tempo de Alimentação (covariável)	1	2,29 ^{ns}	23,77 ^{***}	-
Tratamento	5	0,73 ^{ns}	1,10 ^{***}	-
Tempo de Alimentação x Tratamento	5	0,80 ^{ns}	1,39 ^{***}	-
Resíduo	114	-	-	-
(d) Tratamento	5	7,67 ^{***}	19,25 ^{***}	-
Tempo de Alimentação	1	2,30 ^{ns}	23,54 ^{***}	-
Resíduo	117	-	-	-
(e) Consumo (covariável)	1	0,65 ^{ns}	-	7,26 ^{***}
Tratamento	5	0,41 ^{ns}	-	1,48 [*]
Alimento Consumido x Tratamento	5	0,31 ^{ns}	-	0,87 ^{ns}
Resíduo	112	-	-	-
(f) Tratamento	5	9,18 ^{***}	-	5,22 ^{***}
Alimento Consumido	1	0,67 [*]	-	7,31 ^{***}
Resíduo	117	-	-	-
(g) Alimento Digerido (covariável)	1	2,93 ^{ns}	-	-
Tratamento	2	4,60 [*]	-	-
Alimento Digerido x Tratamento	2	0,77 ^{ns}	-	-
Resíduo	70	--	-	-
(h) Tratamento	2	10,45 ^{***}	-	-
Alimento Digerido	1	2,96 ^{ns}	-	-
Resíduo	117	--	-	-

*p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; ns – Não significativo..

A quantidade de alimento consumido (covariável) interferiu no tempo de consumo dos insetos, que foi dependente da interação entre a covariável e os tratamentos

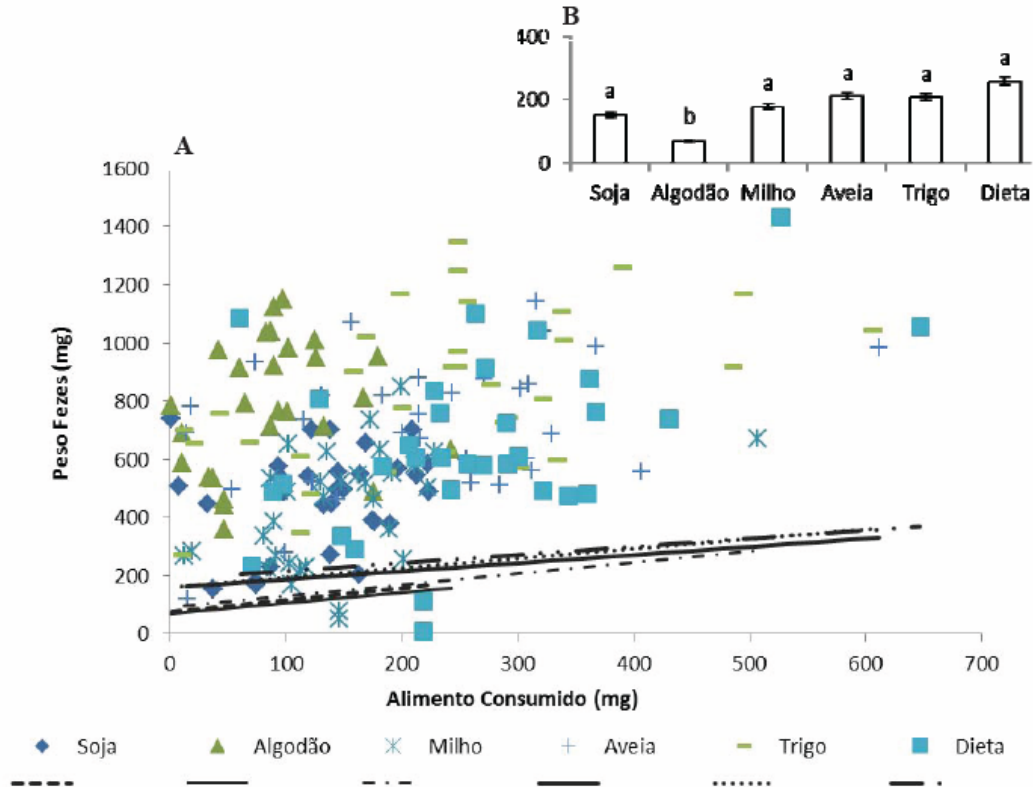
(Figura 3.3), ou seja, aqueles insetos que se alimentaram por um período maior mostraram aumento proporcional à quantidade de alimento ingerida. Somente as lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com soja apresentaram tendência negativa, as demais culturas testadas demonstraram uma relação positiva entre o alimento consumido e o tempo de alimentação (Figura 3.3).

Figura 3.3 –Relação entre tempo de consumo (dias) e alimento consumido (mg) de *S. frugiperda* alimentadas em soja, algodão, milho, aveia, trigo e dieta artificial.



Para assimilação do alimento (Figura 3.4A) por *S. frugiperda*, houve efeito somente do tratamento, não ocorreu interação entre a covariável e o peso de fezes, demonstrando que os tratamentos com dieta artificial, aveia, trigo, milho e soja proporcionaram maior assimilação pelas lagartas. Enquanto que o algodão apresentou a menor média de assimilação (Figura 3.4B).

Figura 3.4 –(A) Relação entre alimento consumido (mg) e peso de fezes (mg) de *S. frugiperda* alimentadas em soja, algodão, milho, aveia, trigo e dieta artificial. (B) Peso de fezes (mg). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



3.6 DISCUSSÃO

Folhas de algodão e soja mostraram ser alimentos de baixa qualidade nutricional para o desenvolvimento de *S. frugiperda*, visto que, as lagartas que se alimentaram dessas plantas foram negativamente afetadas, quando comparadas com as lagartas expostas às outras fontes alimentares estudadas, proporcionando um aumento na duração do período larva-adulto e redução no peso de pupas. A maior duração do período larva-adulto é descrito por alguns autores como uma ação compensatória para que as lagartas recuperem e formem pupas com pesos maiores, apesar dos hospedeiros não atenderem satisfatoriamente as exigências nutricionais dessas espécies (CROCOMO; PARRA, 1985; SILVEIRA et al., 1997; MACHADO et al., 1999), o que pode explicar as diferenças encontradas nos tratamentos avaliados nesse estudo. Em geral, o desenvolvimento dos insetos depende da qualidade do alimento ingerido nos primeiros instares larvais, que pode variar de acordo com o hospedeiro utilizado (PANIZZI; PARRA, 2009) e que se mostrou inferior para folhas de soja e algodão neste estudo.

As gramíneas avaliadas neste estudo foram os hospedeiros mais adequados para o desenvolvimento de *S. frugiperda*. Essa preferência por gramíneas já foi demonstrada anteriormente por alguns autores e se deve principalmente à composição e adequação nutricional dessas plantas em relação aos hospedeiros de outras famílias botânicas (SILVA et al., 2002; BOREGAS et al., 2013). Dessa forma, as gramíneas permitem que ocorram ciclos mais curtos de *S. frugiperda*, que, além de antecederem o plantio de leguminosas nos sistemas de plantio, favorecem a permanência desses insetos durante a safra das culturas subsequentes, como soja, algodão, milho entre outras.

Apesar da melhor adequabilidade das gramíneas para o desenvolvimento de *S. frugiperda*, neste estudo foi observada elevada sobrevivência do período larva-adulto em soja e algodão, semelhante a das gramíneas. Ainda que, considerando o maior tempo para desenvolvimento larval e de poucos relatos demonstrando que *S. frugiperda* causa danos significativos a essas culturas (BUENO et al., 2010), isto demonstra que, apesar dessa espécie ainda ser secundária atacando folhas de soja e algodão, ela possui potencial para sobreviver e se multiplicar nesses hospedeiros. Isso pode também favorecer o aumento da população de *S. frugiperda* nas culturas cultivadas subsequentes como milho, trigo ou aveia cultivados no inverno. Além disso, a movimentação de populações dessa praga, que pode ocorrer entre essas culturas no sistema produtivo, pode ter sérias implicações no manejo da resistência às táticas de controle, principalmente considerando que inseticidas e principalmente plantas Bts, de alguns desses cultivos que constituem a paisagem agrícola, possuem modo de ação semelhante e, portanto, podem propiciar seleção de populações com resistência cruzada (ROUSH, 1989; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2009). Ainda, a coexistência no agroecossistema de diversas culturas, principalmente a rotação soja e milho, faz, devido à intensa pressão populacional, que *S. frugiperda* seja selecionada com novas preferências na ausência do hospedeiro principal (BOREGAS et al., 2013).

A menor qualidade nutricional observada para algodão e soja, em relação às gramíneas e dieta artificial, resultou em menor peso de pupas e maior duração dessa fase, o que pode estar ligado à presença de compostos de defesas nessas plantas que não são encontrados nas outras espécies. Alguns autores mostram que a partir do ataque de insetos, a soja passa a produzir substâncias para desencadear mecanismos de proteção, geralmente são toxinas de defesas que interferem no desenvolvimento, interferindo no crescimento dos insetos pragas, até mesmo formando pupas com pesos menores (PIUBELLI et al., 2005; BORTOLI et al., 2012). Semelhantemente, compostos peculiares presentes nas plantas de algodão, como o alto teor de gossipol presente nas folhas dessa planta, além de alguns

terpenóides, podem afetar o aproveitamento nutricional dessa fonte alimentar pelo herbívoro e assim também causar redução no peso de pupas (SMITH, 2005; STIPANOVIC et al., 2006), o que explicaria os resultados obtidos com esses tratamentos. Ainda, durante o desenvolvimento de pupas de *S. frugiperda*, observou-se o fenômeno denominado protoginia (CROCOMO; PARRA, 1985; MONTEZANO et al., 2013), ou seja, o desenvolvimento das fêmeas antes dos machos. Este fenômeno provavelmente é um mecanismo para reduzir a probabilidade de acasalamento entre indivíduos da mesma massa de ovos, o que permite às fêmeas emergir antes dos machos e voar para outros locais ou, se permanecerem no mesmo local, acasalam com machos oriundos de massas de ovos diferentes, evitando a consanguinidade e preservando, assim, o vigor genético na espécie (BAVARESCO et al., 2004).

Com relação aos resultados obtidos nos ensaios de preferência de lagartas e mariposas, é importante destacar que o processo de escolha do hospedeiro pelo inseto é mediado pela interação do sistema nervoso central com diversos canais sensoriais, que irão fornecer informações como a cor da planta, forma e textura e é a combinação correta de todos esses fatores que fará com que o inseto seja atraído ou se afaste de uma determinada espécie vegetal (BRUCE et al., 2005). Além disso, em Lepidoptera a seleção da planta hospedeira para as larvas é comumente associada à escolha da fêmea adulta para o local de oviposição (SINGER et al., 1994; LEAL; ZUCOLOTO, 2008). Devido a esse comportamento, muitos estudos têm investigado a relação entre a preferência hospedeira da fêmea adulta e o desempenho da prole (DAMMAN; FEENNEY, 1988; NYLIN; JANZ, 1993; SINGER et al., 1994), conhecida como "*mother-knows-best hypothesis*" ou hipótese de preferência-desempenho (GRIPENBERG et al., 2010). Entretanto, embora seja esperada essa correlação positiva, nem sempre ela acontece, o que é explicado por Thompson (1988) como consequência da variação das condições ecológicas e pressão de seleção do local onde estão inseridos esses insetos.

A correlação positiva entre a preferência hospedeira da fêmea adulta e o desempenho de sua prole é observada nos resultados obtidos, principalmente considerando resultados de oviposição dos adultos nos testes com chance de escolha e de preferência de lagartas de 1º instar, 24 h após o início do teste nas arenas. Nos bioensaios de preferência alimentar da lagarta, após 24 h da liberação de *S. frugiperda*, observou-se aumento do número de insetos nas plantas hospedeiras. Essa diferença na preferência entre os hospedeiros foi mais acentuada em lagartas de 1º instar, o que pode ser explicado pela necessidade das lagartas, logo após a eclosão, estabelecer um local de alimentação para sobrevivência (ZALUCKI et al., 2002). Lagartas de 1º instar, 24 h após sua liberação, no teste de preferência alimentar,

mostraram-se mais concentradas em folhas de trigo. De forma similar, nos testes de preferência de oviposição com chance de escolha, o hospedeiro preferencial também foi o trigo, em relação às demais culturas. Isto mostra que a hipótese de preferência-desempenho (GRIPENBERG et al., 2010), pode ser associada a *S. frugiperda* devido a sua preferência pelo trigo, demonstrada durante seu desenvolvimento larval neste trabalho, além de estudos relatados por outros autores (ALI et al., 1990; CRUZ; MONTEIRO, 2004).

Entretanto, é importante também considerar que as mariposas ovipositaram em todos os hospedeiros nos testes de preferência sem chance de escolha, o que indica que na falta do hospedeiro preferencial a mariposa vai realizar a oviposição nos substratos disponíveis, garantindo a continuidade da espécie. Posturas efetuadas nos telados e nas armações das gaiolas, durante o período de avaliação, também foram encontradas. Este fato foi relatado anteriormente por Sparks (1979), que observou que altas populações *S. frugiperda* podem depositar seus ovos em objetos e plantas não hospedeiras. Esse comportamento de oviposição não específico de *S. frugiperda* também foi reportado por Rojas et al. (2003), que encontraram diversas mariposas efetuando sua postura em superfícies estriadas, indicando que os estímulos táteis, a curtas distâncias, (fatores físicos) exercem maior influência do que os voláteis da planta, o que pode explicar a baixa especificidade e alta polifagia da espécie. A cor e a presença de tricomas também podem interferir na escolha hospedeira, contudo, os mecanismos para averiguar principalmente a influência de cores na seleção de plantas por insetos adultos, ainda são de difícil compreensão (VENDRAMIM; GUZZO, 2009) e não foram avaliados nesse estudo.

A quantidade e a qualidade do alimento, além de exercerem interferência direta na preferência hospedeira, afetam a taxa de crescimento, o tempo de desenvolvimento, o peso do corpo e a sobrevivência de lepidópteros dentre outros fatores (NATION, 2002; GOLIZADEH et al., 2009). Por essa razão, para analisar fatores que interferem no desenvolvimento dos insetos, é necessário conhecer parâmetros que ajudem a estabelecer comparações nutricionais entre diferentes hospedeiros no aproveitamento pelo inseto (SCRIBER; SLANSKY JR., 1981). O período reduzido de alimentação, com elevados pesos de lagartas e pupas e baixos índices de mortalidade em insetos, compõe uma adequada taxa de crescimento (SOO HOO; FRAENKEL, 1966).

Os resultados do desempenho nutricional de *S. frugiperda* demonstraram que, em geral, o crescimento, ganho de peso e a eficiência na conversão do alimento ingerido foram influenciados pelos diferentes hospedeiros avaliados. Os insetos alimentados com folhas de soja e algodão, mesmo utilizando estratégias compensatórias como o prolongamento

do período de alimentação e maior ingestão de alimento, não obtiveram o peso proporcional dos insetos que se alimentaram dos demais hospedeiros avaliados. Isto sugere a presença de algum aleloquímico deterrente ou, provavelmente, efeitos de antibiose e antixenose presentes nesses hospedeiros. Alguns tipos de aleloquímicos deterrentes já foram observados em diferentes genótipos de algodão (FERNANDES et al., 1992). Diversos autores relatam as propriedades deterrentes, repelentes e estimulantes dos aleloquímicos presentes nas plantas (BERENBAUM; NEAL, 1985; ISHAAYA, 1986; NORRIS; KOGAN, 2005).

É importante destacar que o consumo de *S. frugiperda* foi maior nos hospedeiros milho, trigo, aveia, algodão e dieta artificial, o que demonstra uma relação positiva entre o alimento consumido e o tempo de alimentação. Entretanto, os insetos que se alimentaram de algodão, mesmo com elevado nível de consumo, tiveram menor assimilação do alimento ingerido. O alimento ingerido deve ter permanecido por um tempo maior no intestino das lagartas, para que houvesse maior assimilação de nutrientes, na tentativa de formar pupas com pesos maiores. Reynolds et al. (1985) demonstraram que lagartas de *Manduca sexta* (Linnaeus, 1763) (Lepidoptera: Sphingidae) podem otimizar o tempo de retenção do alimento no intestino, maximizando a taxa absoluta de absorção de nutrientes.

Apesar da menor adaptabilidade hospedeira de soja e algodão a *S. frugiperda*, a pressão de seleção sobre estes insetos, em períodos em que seu hospedeiro preferencial não está disponível, pode influenciar para que esta espécie se torne também praga de relevância em hospedeiros secundários para garantir sua sobrevivência e reprodução. Boregas et al. (2013) estudando índices de adaptação de *S. frugiperda*, em diferentes hospedeiros, constataram adaptação intermediária em milheto, trigo, soja e algodão, o que reforça a hipótese do potencial dessa espécie em causar danos a essas culturas não preferenciais.

3.7 CONCLUSÕES

Levando-se em consideração todos os parâmetros biológicos e nutricionais avaliados, pode-se concluir que os melhores hospedeiros para o desenvolvimento de *S. frugiperda* são o trigo e aveia, entretanto, devido ao bom desempenho da praga em soja e algodão, com base em algumas dessas variáveis, pode-se inferir que *S. frugiperda* também possa causar danos a essas culturas e adaptar-se às mesmas na ausência dos hospedeiros preferenciais.

4 ARTIGO B:

ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DE *SPODOPTERA ERIDANIA* CRAMER (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS

4.1 RESUMO

Spodoptera eridania (Cramer) é uma praga de importância crescente em diferentes culturas do sistema produtivo de grãos, que vem causando prejuízos econômicos devido à desfolha e lesão que causa nas estruturas reprodutivas das plantas cultivadas. Isso ressalta a necessidade de estudos avaliando seu desenvolvimento e nutrição em diferentes hospedeiros. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o desenvolvimento de *S. eridania* em diferentes espécies de plantas hospedeiras e em dieta artificial como padrão de comparação. As lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em copos parafinados e alimentadas com folhas de soja, algodão, milho, trigo, aveia e dieta artificial. Os parâmetros biológicos avaliados de *S. eridania* foram: duração de pré-pupa, pupa, período larva-adulto (dias), peso de pupas (g), razão sexual, sobrevivência (%), preferência alimentar de lagartas, preferência de oviposição com e sem chance de escolha e parâmetros nutricionais nos hospedeiros avaliados (soja, algodão, milho, aveia e trigo). Não houve diferença para os períodos de pré-pupa e pupa, bem como na duração do período larva-adulto. Entretanto, lagartas alimentadas com dieta artificial e algodão apresentaram maior peso de pupas. A sobrevivência do período larva-adulto foi maior para insetos que se alimentaram de folhas de algodão e soja. Os alimentos preferenciais para o 1º instar de *S. eridania* foram soja e algodão, e a mesma resposta foi obtida nos testes de preferência de oviposição dos adultos. Os parâmetros nutricionais apontaram que *S. eridania* é mais eficiente na utilização do algodão para conversão em biomassa. O milho, trigo e aveia influenciaram negativamente os parâmetros biológicos das lagartas, provando não ser um hospedeiro adequado, visto que a mortalidade larval foi acima de 90%.

Palavras-chave: Interação inseto-plantas. Preferência alimentar. Preferência para oviposição.

4.2 ABSTRACT

Spodoptera eridania (Cramer) is a pest of increasing importance in different crops of grain production systems, causing economic losses through defoliation and injury on the reproductive structures of cultivated plants. This underscores the need for studies evaluating its development and nutrition in different hosts. The objective of this work was to study the development of *S. eridania* on different host plants, using artificial diet as reference. Newly-hatched larvae were placed in waxed cups and fed with soybean, cotton, corn, wheat, oat pices of leaves and Greene et al. (1976) artificial diet. The parameters evaluated were: duration of pre-pupa, pupa, larva-adult period (days), pupal weight (g), sex ratio, survival (%), food attractiveness, oviposition preference with and without choice and nutritional parameters, evaluated in the hosts (soybean, cotton, maize, oat and wheat). There was no difference on the duration of pre-pupae, pupae and larval-adult periods. However, larvae fed on artificial diet and cotton had higher pupal weight. Survival was greater for insects feeding on cotton and soybean leaves. The most attractive food for *S. eridania* 1st instar were soybean and cotton, and the same response was obtained in the adult oviposition preference tests. The nutritional parameters showed that *S. eridania* is more efficient using of cotton for conversion into biomass. Maize, wheat and oat adversely affected the biological parameters of caterpillars, proving not to be suitable hosts, as demonstrated by larval mortality above 90%.

Key-words: Intake. Feed attractiveness. Oviposition preference.

4.3 INTRODUÇÃO

Spodoptera eridania (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) está entre as espécies de pragas mais encontradas na América Central, América do Sul e Caribe. Nos Estados Unidos, é encontrada principalmente no sudeste do país (POGUE, 2002; CAPINERA, 2005). Esta espécie também é conhecida como lagarta-das-folhas ou lagarta-das-vagens e nos últimos anos tem acarretado prejuízos significativos em diversas culturas como algodão, soja (SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005; FRAGOSO; SILVA, 2007; SANTOS et al., 2010) e milho (PICANÇO et al., 2003).

As culturas mais exploradas, principalmente no cerrado, são soja, algodão e milho (MEIRELLES et al., 2003; SILVA, 2004) e com o aumento de tecnologias de produção agrícola intensiva e resistência de pragas a inseticidas, devido ao uso de inseticidas de largo espectro, bem como a disponibilidade contínua de hospedeiros, a ocorrência de *S. eridania* como praga, pode ser favorecida neste agroecossistema (TOMQUELSKI; MARUYAMA, 2009). No cerrado, principalmente para cultura da soja, o aumento da incidência de *S. eridania* tem intensificado os danos a esta cultura (SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005; WIEST; BARRETO, 2012).

Neste contexto, o desenvolvimento de estratégias para o manejo sustentável de *S. eridania* exige conhecimento da adaptabilidade hospedeira de diferentes espécies vegetais. A análise quantitativa de consumo e utilização das plantas hospedeiras por insetos herbívoros é uma ferramenta comumente usada em estudos de interações planta-inseto (SCRIBER; SLANSKY JR., 1981; KAROWE; MARTIN, 1989; RAUBENHEIMER, 1992; CABEZAS et al., 2013). As variáveis que descrevem o consumo de alimentos pelo inseto, o quanto bem este alimento é convertido em biomassa e a taxa em que o inseto cresce, podem levar à compreensão de como determinadas espécies de insetos respondem às variações nas diferentes fontes alimentares que lhe são disponibilizadas (SARFRAZ et al., 2007).

O estudo do efeito dos alimentos sobre a biologia dos insetos é de particular importância para a compreensão da adequação hospedeira e para avaliar a magnitude de lesões para as culturas atacadas. Isso pode, por conseguinte, ajudar na elaboração de estratégias mais econômicas de manejo. O papel da qualidade dos alimentos para herbívoros tem sido estudado para várias espécies de insetos (KAROWE; MARTIN, 1989; HEMATI et al., 2011; CABEZAS et al., 2013; KIANPOUR et al., 2014). Entretanto, informações disponíveis sobre adequabilidade hospedeira ainda são incompletas. Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar aspectos da biologia, associados a atratividade alimentar, preferência de oviposição e os parâmetros nutricionais de *S. eridania* na soja, algodão, milho aveia, trigo e dieta artificial que foi utilizada como tratamento padrão para comparação.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os diferentes bioensaios foram conduzidos com lagartas provenientes de criação de laboratório. Esta criação foi iniciada com lagartas de *Spodoptera eridania* originalmente coletadas na cultura de soja no município de Santa Helena- GO, em 2010, sendo mantidas desde então em laboratório na dieta de Greene et al. (1976) à base de feijão, germe de trigo, farelo de soja e caseína. Os experimentos foram conduzidos em condições controladas de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h) e campo, localizados na Embrapa Soja, Londrina, PR. Os hospedeiros utilizados encontravam-se com um total de 8 a 10 folhas expandidas e completamente desenvolvidas (aproximadamente 20 a 30 dias de desenvolvimento dependendo da planta utilizada).

4.4.1 Biologia de *S. eridania* em Diferentes Plantas Hospedeiras

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. Cada repetição foi constituída de 10 lagartas individualizadas, totalizando assim 60 lagartas por tratamento. Os tratamentos avaliados foram folhas de soja (BRS 284), trigo (BRS Pardela), milho (DKB 390), aveia (Embrapa 139), algodão (FMT 701) e dieta artificial de Greene et al. (1976). Inicialmente, posturas de *S. eridania* foram individualizadas em copos parafinados com os diferentes alimentos e mantidos em câmaras climatizadas tipo BOD, com temperatura, umidade e fotofase controladas até a eclosão das larvas. Lagartas de 1º instar de até 24 horas de idade foram individualizadas no mesmo alimento e mantidas na mesma BOD para avaliação diária das variáveis biológicas.

Para fornecer as folhas aos insetos, estas foram mergulhadas em hipoclorito de sódio (4%), enxaguadas em água destilada e o excesso de água retirado com papel toalha. Diariamente, o alimento era substituído e observou-se o período de duração larva-adulto, viabilidade da fase larval, o peso de pupas (24 h) e razão sexual.

4.4.2 Preferência Alimentar de *S. eridania* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Foram conduzidos dois experimentos em condições controladas de laboratório. Um dos ensaios foi conduzido com lagartas de 1º e outro com lagartas de 3º instar. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e 30 repetições. Cada repetição foi constituída de uma placa de Petri acrílica com 15 cm de diâmetro, forrada com papel filtro umedecido em água destilada, que recebeu discos foliares da região mediana das folhas de soja, algodão e milho (2 cm de diâmetro) e partes da região mediana das folhas de trigo e aveia (50-70g), semelhantes ao peso da área foliar das demais culturas testadas. O alimento foi distribuído de forma equidistante, visando avaliar a preferência alimentar de *S. eridania* por cada planta hospedeira. Quando o ensaio foi realizado com lagartas de 1º instar, foram liberados 24 insetos no centro da placa de Petri, quando foi realizado com lagartas de 3º instar, foram liberadas 12 lagartas, essa diferença no número de insetos foi devido ao tamanho das lagartas e capacidade da placa. As avaliações foram feitas após 60 min e 24 h da liberação, verificando-se o número de insetos presentes nos diferentes tratamentos.

4.4.3 Preferência para Oviposição de *S. eridania* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Foram conduzidos dois experimentos avaliando a preferência de adultos de *S. eridania* para a oviposição entre as plantas de soja, milho, algodão, trigo e aveia. Os ensaios foram instalados em condições de campo, no interior de casas teladas com 5 x 4 x 2,5 m (comprimento, largura e altura), com delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições. Um dos experimentos foi conduzido com chance de escolha para oviposição da mariposa e neste caso, cada telado foi considerado uma repetição. Um segundo experimento foi conduzido sem chance de escolha onde, em cada telado, as mariposas foram confinadas com apenas uma das culturas. Para o ensaio com chance de escolha, em cada telado havia 10 vasos de cada cultura agrupados e equidistantes dos demais hospedeiros e para os ensaios sem chance de escolha, cada telado continha 50 vasos de uma única cultura.

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para 20 litros, preenchidos com solo até 15 cm da borda superior, onde foi semeada a espécie hospedeira (algodão, milho, soja, trigo e aveia), na densidade de cinco plantas por vaso, semeadas em plantio escalonado. Para padronização dos experimentos, as plantas foram utilizadas quando apresentavam de 8 a 10 folhas completamente expandidas. Após o início da oviposição em laboratório (três dias de idade), as mariposas foram liberadas no interior das casas teladas no início da escotofase, na densidade de aproximadamente 100 casais de *S. eridania*. As posturas encontradas após 60h da liberação das mariposas foram retiradas e levadas ao laboratório para contagens de número de ovos e posição na planta (terço inferior, médio e superior).

4.4.4 Variáveis Nutricionais de *S. eridania* em Diferentes Plantas Hospedeiras

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizados, com 30 repetições. Para a realização desse estudo, lagartas de *S. eridania* foram mantidas nos diferentes hospedeiros até o momento da implantação dos tratamentos, realizados a partir do 3^o instar larval, quando 30 insetos foram pesados, individualizados em copos parafinados e mantidos em câmara climatizada (BOD) à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 14h. Diariamente, o alimento de cada repetição foi substituído. Antes de fornecer as folhas aos insetos, estas foram mergulhadas em hipoclorito de sódio (4%), enxaguadas em água destilada e o excesso de água retirado com papel toalha. O alimento fornecido foi pesado diariamente em balança analítica com precisão de 0,0001g e o alimento remanescente removido e armazenado. As fezes produzidas também foram

removidas e armazenadas. Ao atingir o máximo desenvolvimento larval, as lagartas foram pesadas, mortas por congelamento e posteriormente secas em estufa, assim como o alimento remanescente e as fezes produzidas por estas, mantidas a 55-60°C por 72h, até atingir peso constante indicando a completa desidratação.

Os parâmetros avaliados foram: peso inicial de lagarta de 3º ínstar (mg), peso final das lagartas (mg), peso alimento fornecido (mg) peso de fezes (mg) e tempo de alimentação (dias). Paralelamente, uma alíquota de 10 lagartas tiveram seu peso fresco e seco anotados para obtenção do fator de correção para o peso seco inicial, que foi calculado através da média do peso seco dividido pela média do peso fresco e o valor obtido foi multiplicado em todos os pesos frescos iniciais das lagartas utilizadas no ensaio (PARRA, 1991). O mesmo procedimento foi utilizado para obter o fator de correção do peso seco do alimento fornecido em função da perda de água. Todos os valores de peso obtidos foram transformados em peso seco para realização das análises.

4.4.4.1 Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por *S. eridania*

O crescimento e o consumo para os diferentes tratamentos foram obtidos pelo ajuste, respectivamente, do peso final da lagarta e quantidade de alimento consumido pela covariável tempo de alimentação. O ganho de peso foi estimado através do ajuste de peso final da lagarta pela covariável peso inicial. O peso final da lagarta, nos diferentes tratamentos, foi ajustado pela quantidade de alimento consumido e digerido (quantidade de alimento consumido menos a quantidade de fezes produzida pelos insetos) para determinar a eficiência de conversão dos alimentos ingeridos e digeridos, respectivamente, em biomassa. A assimilação dos alimentos foi obtida através da correção da quantidade de fezes produzida pela covariável quantidade de alimento consumido (RAUBENHEIMER; SIMPSON, 1994).

4.4.5 Análise Estatística

Os resultados dos diferentes bioensaios foram submetidos às análises exploratórias para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965), a homogeneidade de variância dos tratamentos e a aditividade do modelo (BURR;

FOSTER, 1972), para permitir a aplicação da ANOVA. As médias foram então comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) (SAS INSTITUTE, 2009).

Para avaliação dos parâmetros nutricionais, utilizou-se, além das análises de variância (ANOVA), as análises de covariância (ANCOVA) que foram realizadas para avaliar o efeito das covariáveis sobre as variáveis de resposta e estimar o crescimento, consumo alimentar, eficiência na assimilação e conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa, além do ganho de peso, conforme proposto por Raubenheimer e Simpson (1992). Todas as análises de covariância foram realizadas utilizando-se os pesos secos. Após a realização da ANCOVA, quando a interação entre a covariável e o tratamento foi significativa, considerou-se o efeito dos tratamentos ajustados pela covariável. Entretanto, quando a interação (covariável x tratamento) não foi significativa, utilizou-se o modelo de linhas paralelas, considerando-se somente o efeito dos tratamentos (PIUBELLI et al., 2005).

4.5 RESULTADOS

4.5.1 Biologia de *S. eridania* em Diferentes Plantas Hospedeiras

O período de pré-pupa, pupas e de larva-adulto (Tabela 4.1) não apresentaram diferenças significativas entre os hospedeiros (soja, algodão e aveia). Ao contrário dos demais hospedeiros avaliados, trigo e milho, que não permitiram o desenvolvimento dos insetos. Na dieta artificial a duração média do período de larva-adulto foi 32,95 dias, o que não diferiu significativamente dos hospedeiros soja, algodão e aveia (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Duração (média ± EP) do período de pré-pupa e pupa (dias) e período de desenvolvimento larva-adulto de *Spodoptera eridania* (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Duração (dias)		
	Pré-pupa ^{ns}	Pupa ^{ns}	Larva-Adulto ^{ns}
Soja	1,52 ± 0,14	11,17 ± 0,52	36,33 ± 2,46
Algodão	1,87 ± 0,19	10,85 ± 0,21	33,55 ± 1,49
Dieta Artificial*	1,98 ± 0,08	8,92 ± 0,63	32,95 ± 1,71
Aveia	1,60 ± 0,24	10,25 ± 1,25	33,45 ± 1,05
Trigo**	-	-	-
Milho**	-	-	-
p	<0,1313	<0,1060	<0,6343
gl	22	17	17
F	2,22	2,73	0,59
CV (%)	20,42	14,12	13,72

^{ns} Não significativo. *Greene et al.(1976). ** Não houve sobreviventes.

O peso de pupas foi maior quando estas foram provenientes de lagartas alimentadas com folhas de algodão e dieta artificial, e o menor foi observado quando os insetos foram alimentados com aveia (Tabela 4.2). A sobrevivência larva-adulto foi maior nos insetos alimentados com folhas de soja e algodão e menor na dieta artificial e aveia

Tabela 4.2 – Peso de pupas (gramas) (média ±EP), sobrevivência larva-adulto (%) e razão sexual (%) de *Spodoptera eridania* em diferentes alimentos sob condições controladas (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Peso pupa (g)	Sobrevivência larva- adulto (%)	Razão sexual ¹ (%)
Soja	0,37 ± 0,02 b*	45,46 ± 6,61 a	0,52 ± 0,02 ^{ns}
Algodão	0,46 ± 0,01 ab	40,00 ± 13,17 a	0,49 ± 0,07
Dieta Artificial**	0,54 ± 0,02 a	21,67 ± 1,67 b	0,48 ± 0,09
Aveia	0,24 ± 0,00 c	5,00 ± 3,42 c	-
Trigo***	-	-	-
Milho	-	-	-
p	0,0001	<0,0001	< 0,0170
gl	22	34	21
F	14,85	32,29	3,76
CV (%)	20,68	34,70	34,70

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05). **Greene et al. (1976). ***Não houve sobreviventes. ^{ns}Não significativo. ¹Análise estatística realizada nos dados transformados em $\sqrt{X + 0.5}$.

4.5.2 Preferência Alimentar de *S. eridania* por Diferentes Plantas Hospedeiras

No ensaio de preferência alimentar nos primeiros 60 minutos de avaliação, as lagartas de 1º instar apresentaram maior preferência pelas culturas de trigo e soja (Tabela 4.3), enquanto que no 3º instar o número de insetos não diferiu entre os hospedeiros. Após 24h, insetos de 1º instar e 3º instar apresentaram maior preferência por folhas de soja e algodão em relação aos demais hospedeiros. Ainda no 3º instar, a aveia também foi tão atrativa para os insetos quanto soja e algodão (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Preferência alimentar de *Spodoptera eridania* (1º instar n=24 e 3º instar n=12) em diferentes hospedeiros sob condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h).

Tratamentos	Número de insetos			
	60 min		24 h	
	1º instar*	3º instar ^{ns}	1º instar*	3º instar*
Placa**	2,63 ± 0,45 b	1,80 ± 0,34	0,60 ± 0,19 e	0,63 ± 0,16 c
Soja	6,50 ± 0,63 a	2,33 ± 0,22 a	7,93 ± 0,77 b	3,53 ± 0,30 a
Algodão	6,39 ± 0,56 a	1,73 ± 0,24	9,90 ± 0,69 a	1,99 ± 0,38 ab
Aveia	2,50 ± 0,47 b	1,53 ± 0,28	3,60 ± 0,58 c	3,10 ± 0,43 ab
Trigo	2,40 ± 0,32 b	1,80 ± 0,30 b	2,06 ± 0,42 d	1,70 ± 0,25 bc
Milho	3,13 ± 0,45 b	2,63 ± 0,31 a	0,00 ± 0,00 e	0,70 ± 0,23 c
CV (%)	83,37			

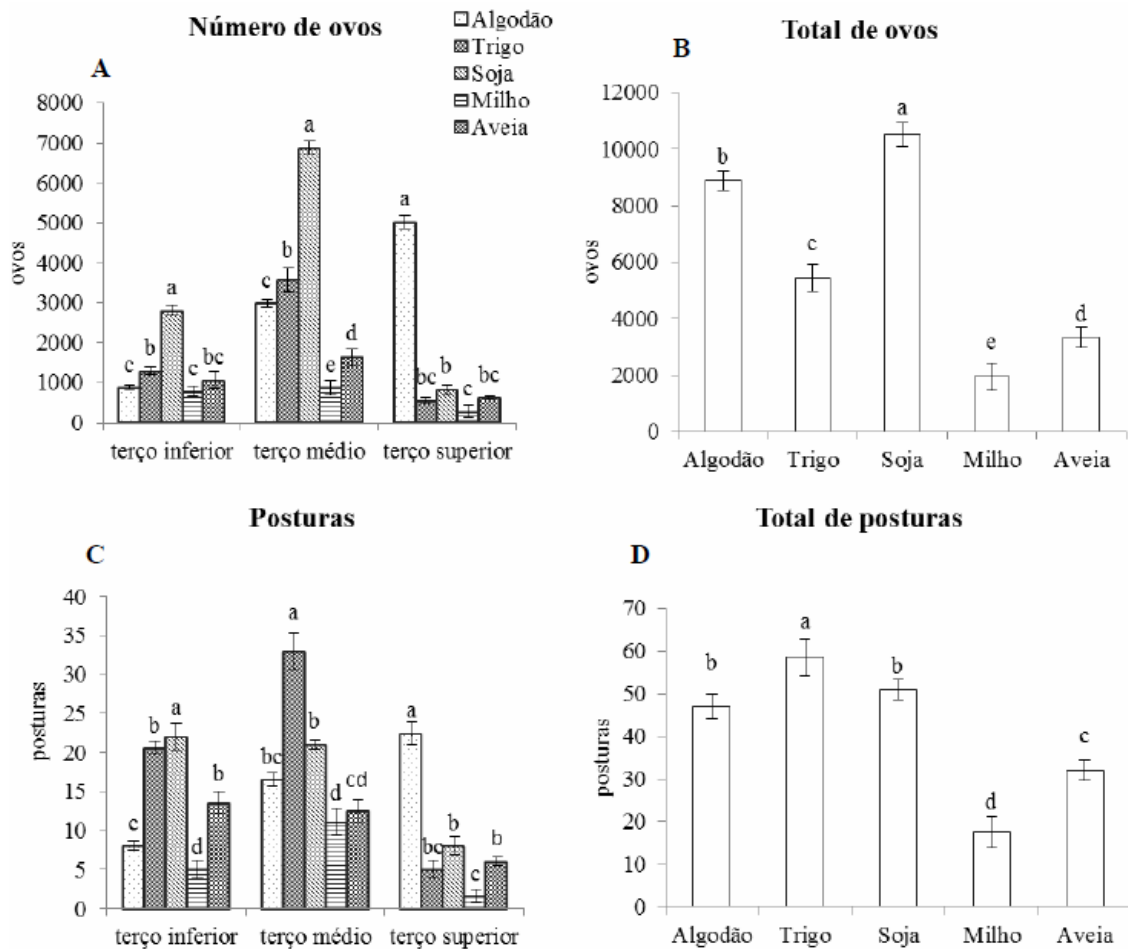
*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Insetos que não estavam sobre nenhum hospedeiro no momento da avaliação. ^{ns}Não significativo.

4.5.3 Preferência para Oviposição de *S. eridania* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Nos testes de preferência de oviposição de *S. eridania* sem chance de escolha (Figura 4.1), a quantidade de ovos encontrados no terço inferior e mediano das plantas de soja, foi maior, em comparação, com a mesma região nas demais culturas (Figura 4.1A). Na região superior, o maior número de ovos foi encontrado no algodão. O milho foi o hospedeiro que *S. eridania* colocou o menor número de ovos, em todas as regiões da planta. Com relação ao total de ovos (Figura 4.1B) entre os hospedeiros, a soja apresentou a maior quantidade (10.507 ovos), seguida do algodão (8.888 ovos). O milho, entre os hospedeiros testados, foi onde *S. eridania* colocou a menor quantidade de ovos (1.938 ovos) (Figura 4.1B).

As posturas efetuadas por *S. eridania* no terço inferior (Figura 4.1C) da planta foram maiores na soja (22). No terço médio (Figura 4.1C) da planta, o trigo destacou-se com maior número de posturas (33). A região superior (Figura 4.1C) teve maior número de posturas no algodão (22,5). O milho obteve menor número de posturas em todas as regiões da planta (Figura 4.1C). A maior preferência de oviposição, considerando o número de posturas, apesar do menor número de ovos, foi no trigo, em relação ao demais hospedeiros (Figura 4.1D). Soja e algodão não diferiram entre si nos testes para preferência de oviposição. O milho foi o hospedeiro menos preferido (Figura 4.1D).

Figura 4.1 – Número de ovos e de posturas (média \pm EP) de *Spodoptera eridania* em diferentes hospedeiros em testes sem chance de escolha. Médias seguidas de mesma letra para as figuras A e C não diferem entre si para cada região da planta (terço inferior, médio e superior) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas de mesma letra para as Figuras B e D não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

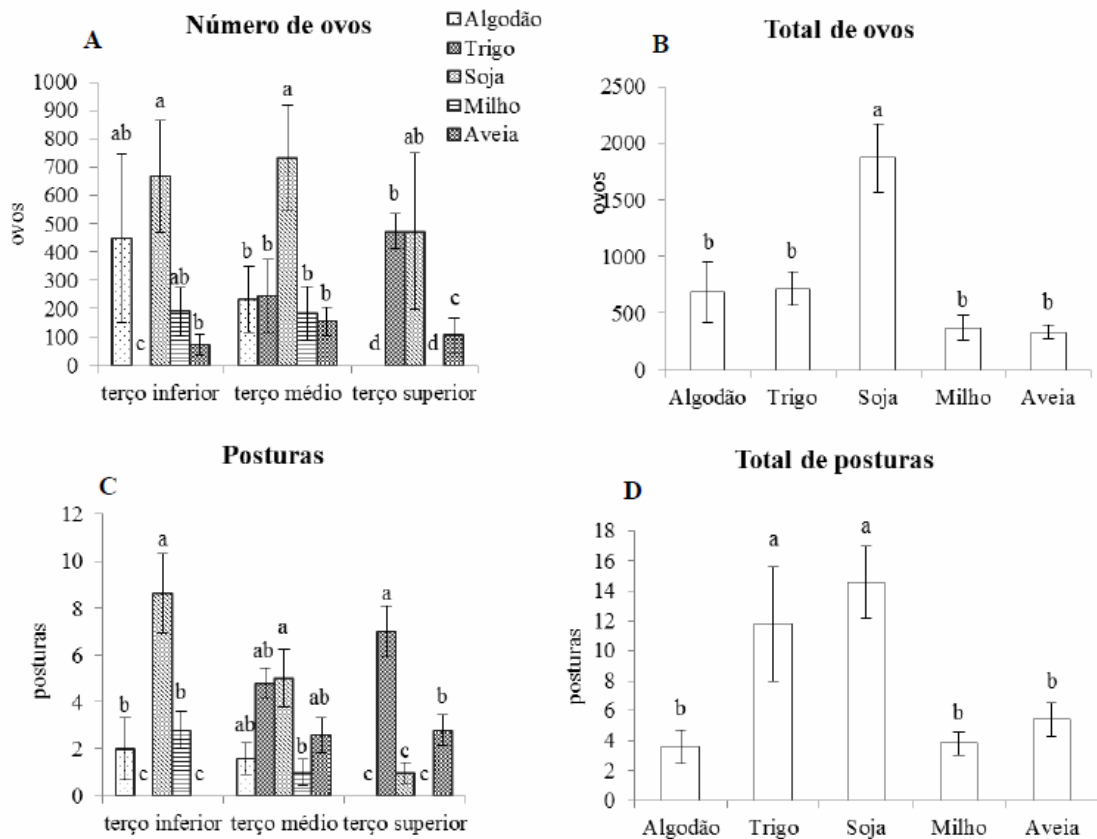


A preferência para oviposição de *S. eridania* em testes com chance de escolha (Figura 4.2), relacionados à posição dos ovos na planta, foi maior no terço inferior,

que teve maior quantidade de ovos, para cultura do algodão e da soja (Figura 4.2A). Na região mediana, todos os hospedeiros apresentaram número de ovos semelhantes, com exceção da soja, que teve o maior número de ovos (Figura 4.2A). A soja e o trigo obtiveram maior número de ovos na região superior. Com relação ao total de ovos (Figura 4.2B) entre os hospedeiros, a soja apresentou a maior quantidade de ovos (1.869). Os demais hospedeiros não diferiram na quantidade de ovos encontrados.

O número de posturas (Figura 4.2C) das mariposas no terço inferior foi maior na soja em relação às demais espécies vegetais avaliadas. Na região mediana da planta, a diferença significativa no número de posturas foi apenas, entre os hospedeiros soja e milho. Na região superior, o maior número de posturas foi encontrado no trigo. Entre os hospedeiros avaliados, os mais preferidos para oviposição de *S. eridania* foram a soja e o trigo (Figura 4.2D).

Figura 4.2 – Número de ovos e de posturas (média \pm EP) de *Spodoptera eridania* em diferentes hospedeiros em testes com chance de escolha. Médias seguidas de mesma letra para as figuras A e C não diferem entre si para cada região da planta (terço inferior, médio e superior) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas de mesma letra para as figuras B e D não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



4.5.4 Variáveis Nutricionais de *S. eridania* em Diferentes Plantas Hospedeiras

Através da realização da ANOVA observou-se diferenças significativas entre as variáveis peso final de lagarta, quantidade de alimento consumido, peso de fezes e alimento digerido (Tabela 4.4). Nos hospedeiros trigo, aveia e milho não proporcionaram indivíduos sobreviventes suficientes para realização dessas análises. Lagartas alimentadas com folhas de algodão e dieta artificial tiveram o maior consumo, peso de fezes e alimento digerido, entretanto, o maior peso de lagartas foi observado nos insetos que estavam alimentando-se na dieta artificial (Tabela 4.4). O peso inicial das lagartas de 3º instar foi maior para aquelas alimentadas com soja.

Tabela 4.4 –Peso inicial de lagartas de 3º instar (mg), peso final de lagartas (mg), consumo (mg), peso de fezes (mg), tempo de alimentação (dias) (Média ± EP) de *Spodoptera eridania* em diferentes alimentos ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Peso Inicial de lagartas (mg)*	Peso final de lagarta (mg)*	Consumo (mg)*	Peso seco de fezes (mg)*	Tempo de Consumo (dias)*
Soja	27,00 ± 1,10 a	73,00 ± 6,50 b	1017,64 ± 42,34 b	1298,00 ± 0,01 b	11,38 ± 0,16 ^{BS}
Algodão	14,00 ± 0,06 c	83,00 ± 5,70 b	1552,52 ± 63,55 a	1760,00 ± 0,01 a	11,25 ± 0,11
Dieta artificial **	20,00 ± 0,06 b	131,00 ± 6,40 a	1756,30 ± 99,51 a	2115,00 ± 0,01 a	11,47 ± 0,18
CV%	19,38	31,53	23,03	36,60	6,07

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Greene et al. (1976).

4.5.4.1 Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por *S. eridania*

Não houve resposta significativa para a ANCOVA (Tabela 4.5), utilizada para estimar o crescimento, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e na assimilação de alimentos. Assim, essas relações puderam ser representadas pelo modelo de linhas paralelas, assumindo-se a validade dos dados obtidos pela ANOVA.

Tabela 4.5 –Análise de covariância (ANCOVA) do efeito dos diferentes tratamentos no ajuste de peso final de lagarta pela covariável peso inicial (a,b), peso final de lagarta pelas covariáveis tempo de alimentação e consumo (c,d,e,f), consumo pela covariável tempo de alimentação (c,d), peso de fezes pela covariável consumo (e,f), peso final de lagarta pela covariável alimento digerido (g,h) em *Spodoptera eridania* ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h).

Variação	GL	Valor de F		
		Peso de Lagarta	Consumo	Peso de Fezes
(a) Peso Inicial (covariável)	1	0,09 ^{ns}	1,33 ^{ns}	--
Tratamento	2	0,23 ^{ns}	0,59 ^{ns}	--
Tempo de Consumo x Tratamento	2	0,04 ^{ns}	0,70 ^{ns}	--
Resíduo	67	--	--	--
(b) Tratamento	2	21,79 ^{***}	27,35 ^{***}	--
Tempo de Consumo	1	0,09 ^{ns}	1,34 ^{ns}	--
Resíduo	67	--	--	--
(c) Tempo de Consumo (covariável)	1	0,09 ^{ns}	1,33 ^{ns}	--
Tratamento	2	0,23 ^{ns}	0,59 ^{ns}	--
Tempo de Consumo x Tratamento	2	0,04 ^{ns}	0,70 ^{ns}	--
Resíduo	67	--	--	--
(d) Tratamento	2	21,79 ^{***}	27,35 ^{***}	--
Tempo de Consumo	1	0,09 ^{ns}	1,34 ^{ns}	--
Resíduo	67	--	--	--
(e) Consumo (covariável)	1	1,68 ^{ns}	--	0,74 ^{ns}
Tratamento	2	2,52 ^{ns}	--	0,74 ^{ns}
Alimento Consumido x Tratamento	2	0,52 ^{ns}	--	0,11 ^{ns}
Resíduo	67	--	--	--
(f) Tratamento	2	13,17 ^{***}	--	3,20 [*]
Consumo	1	1,70 ^{ns}	--	0,76 ^{ns}
Resíduo	67	--	--	--
(g) Alimento Digerido (covariável)	1	1,66 ^{ns}	--	--
Tratamento	2	2,09 ^{ns}	--	--
Alimento Digerido x Tratamento	2	0,13 ^{ns}	--	--
Resíduo	67	--	--	--
(h) Tratamento	2	17,31 ^{***}	--	--
Alimento Digerido	1	1,70 ^{ns}	--	--
Resíduo	67	--	--	--

* p<0,05; *** p<0,001; ns Não significativo.

4.6 DISCUSSÃO

A qualidade e a quantidade de alimentos consumidos por uma espécie pode afetar seus parâmetros biológicos e fisiológicos (NATION 2002; GOLIZADEH et al., 2009). Neste estudo, a fase de pré-pupa e pupa, bem como o período larva-adulto, não foram influenciados em sua duração pelos hospedeiros soja, algodão, aveia e a dieta artificial. Comportamento diferente foi apresentado por lagartas alimentadas em trigo e milho, que não conseguiram completar seu desenvolvimento, o que sugere que a composição nutricional desses hospedeiros tem forte influência sobre a dinâmica populacional de *S. eridania*.

O melhor desempenho no acúmulo de biomassa para formação de pupas foi observado para os insetos alimentados com dieta artificial e algodão, entretanto, na dieta artificial foi registrada menor sobrevivência, o que indica a falta de adequação nutricional dos componentes da mesma. A maior sobrevivência de *S. eridania* em soja e algodão, associada à movimentação populacional dessa praga na paisagem agrícola, pode levar a sérias implicações no manejo da resistência e táticas de controle, considerando que plantas Bts, aliadas a inseticidas que possuem modo de ação semelhantes, podem propiciar a seleção de populações com resistência cruzada (ROUSH, 1989; SCOTT, 1990; 1995). Também, a coexistência no agroecossistema de diversas culturas, principalmente a rotação soja, milho e algodão, devido à intensa pressão de seleção por diferentes fatores, pode selecionar indivíduos com novas preferências alimentares na ausência do alimento principal (BOREGAS et al., 2013).

Em insetos da ordem Lepidoptera, a seleção da planta hospedeira por lagartas é comumente associada à escolha da fêmea adulta para o local de oviposição (SINGER, 1984; LEAL; ZUCOLOTO, 2008). Devido a esse comportamento, muitos estudos têm investigado a relação entre a preferência hospedeira da fêmea adulta e o desempenho de sua prole (DAMMAN; FEENNEY, 1988; NYLIN; JANZ, 1993; SINGER et al., 1994), conhecida como "*mother-knows-best hypothesis*" ou hipótese de preferência-desempenho (GRIPENBERG et al., 2010). Nos resultados obtidos no teste de preferência, principalmente considerando lagartas de 1º instar aos 60 min e 24 h após o início do teste, a preferência das lagartas foi maior para soja e algodão, como também no teste de preferência de oviposição entre os hospedeiros, onde o maior número de ovos foi encontrado na soja e algodão, tanto no teste sem chance, como naquele que houve chance de escolha, o que confirma a hipótese de preferência-desempenho para essa espécie. A menor preferência por milho, aveia e trigo pode ser atribuída à existência de uma cutícula mais espessa, além da presença de tricomas

(NORIS; KOGAN, 1980), em relação aos demais (soja e algodão), conseqüentemente diminuindo a alimentação das lagartas. Em insetos de pequeno porte, a maior espessura cuticular das folhas pode afetar negativamente sua alimentação, reduzindo a mobilidade das larvas, principalmente considerando os primeiros instares larvais (LARA, 1991).

É importante ressaltar que a preferência e adequabilidade hospedeira observadas nos insetos são mediadas pelas características da planta que afetam seu desempenho e inclui a composição nutricional, aleloquímicos e características físicas como dureza, tamanho, forma e textura (RENWICH, 1983; TABASHNIK; SLANSKY JR., 1987; BRUCE et al., 2005). Estes fatores podem ser determinantes no reconhecimento do hospedeiro (SLANSKY; SCRIBER, 1985; THOMPSON; PELLMYR, 1991; DODDS et al., 1996). As mariposas, nos testes sem chance de escolha, ovipositaram em todos os hospedeiros, o que demonstra que essas visam garantir a continuidade da espécie ovipositando em todos os substratos. Porém, entre todos os hospedeiros estudados, a não preferência para oviposição na cultura do milho, em testes com e sem chance de escolha, foi mais acentuada e corrobora a baixa adequabilidade desse hospedeiro para o desenvolvimento dessa espécie. Ainda, observou-se que as lagartas não foram capazes de completar o período larval quando alimentadas com folhas de milho. Outros mecanismos envolvidos na seleção hospedeira, e que não foram avaliados neste estudo, são a cor e a presença de tricomas nas folhas, porém, os mecanismos para averiguar principalmente a influência de cores na seleção de plantas por insetos adultos ainda são de difícil compreensão (VENDRAMIM; GUZZO, 2009).

A quantidade e a qualidade do alimento, além de exercerem interferência direta na preferência hospedeira, afetam a taxa de crescimento, o tempo de desenvolvimento, o peso do corpo e a sobrevivência de lepidópteros dentre outros fatores (NATION, 2002; GOLIZADEH et al., 2009; CABEZAS et al., 2013). Por isso, aspectos nutricionais do hospedeiro podem ajudar a estabelecer comparações sobre a utilização desses alimentos nos insetos. Com os resultados obtidos verifica-se que, em geral, o crescimento, ganho de peso e a eficiência na conversão do alimento ingerido e digerido pelo inseto foram influenciados pelos diferentes hospedeiros. Os parâmetros nutricionais não puderam ser avaliados nos hospedeiros trigo, aveia e milho, devido à baixa sobrevivência desse inseto, o que sugere a presença de algum aleloquímico deterrente nas folhas desses hospedeiros ou devido a efeitos de antibiose ou ainda antixenose. Diversos autores relatam as propriedades deterrentes, repelentes e estimulantes de aleloquímicos presentes nas plantas (BERENBAUM, 1985; ISHAAYA, 1986; VENDRAMIM; GUZZO, 2009), o que pode explicar os resultados desse trabalho e devem ser melhor avaliados em pesquisas futuras.

As diferenças na capacidade de insetos para utilizar plantas hospedeiras distintas sugerem a existência de algumas variações intrínsecas entre as espécies dessas plantas. A diferença no desenvolvimento e aproveitamento nos hospedeiros testados pode ter sido causada por efeitos antibióticos, qualidade nutricional do alimento ou até mesmo metabolismo secundário das plantas avaliadas (SINGH et al., 1965; SHARMA et al., 1982; SAMRAJ; DAVID, 1988). O crescimento de *S. eridania*, alimentada com algodão e dieta artificial, foi negativamente afetado por esses hospedeiros, porém mesmo com essa interferência negativa no crescimento, o peso de lagartas ficou acima do peso obtido para insetos alimentados em folhas de soja. Isso provavelmente se deve à composição nutricional dessas plantas que permite que os insetos sejam mais eficientes no aproveitamento das mesmas. Esse aspecto da inadequabilidade nutricional pode também, ser comprovado pela menor eficiência na conversão do alimento ingerido e digerido em biomassa apresentada pelos insetos alimentados com folhas de soja, assim como a assimilação que também foi inferior para esses insetos.

Ainda, é importante destacar que o teor de carboidratos e proteínas é importante para o pleno desenvolvimento dos insetos e pode variar em função do hospedeiro e do estágio fenológico que as plantas se encontra. Geralmente nas plantas as folhas mais velhas são mais ricas em carboidratos e pobres de proteínas e folhas mais novas possuem tecidos ricos em proteínas (MATTSON, 1980; LINCOLN, 1993). As plantas utilizadas nesse estudo encontravam-se com 8 a 10 folhas expandidas e completamente desenvolvidas e foram consideradas folhas maduras. Portanto, pressupõe-se que o nível de proteínas e carboidratos dessas folhas foi intermediário, o que pode conferir a adequação desses hospedeiros a *S. eridania*.

4.7 CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros biológicos e nutricionais avaliados, pode-se concluir que soja e algodão são considerados bons hospedeiros para o desenvolvimento de *S. eridania*, devido ao elevado peso de pupas, preferência alimentar e preferência para oviposição.

5 ARTIGO C:

ASPECTOS BIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS DE *SPODOPTERA COSMIOIDES* WALKER (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES PLANTAS HOSPEDEIRAS

5.1 RESUMO

Spodoptera cosmioides (Walker) é uma praga de importância crescente em diferentes culturas do sistema produtivo de grãos, que vem causando prejuízos econômicos devido à desfolha e lesão que causa nas estruturas reprodutivas das plantas cultivadas. Isso ressalta a necessidade de estudos avaliando seu desenvolvimento e nutrição em diferentes hospedeiros. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o desenvolvimento de *S. cosmioides* em diferentes espécies de plantas hospedeiras e em dieta artificial como padrão de comparação. As lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em copos parafinados e alimentadas com folhas de soja, algodão milho, trigo, aveia e dieta artificial. As variáveis biológicas avaliadas de *S. cosmioides* foram: duração de pré-pupa, pupa, período larva-adulto (dias), peso de pupas (gramas), razão sexual, sobrevivência larva-adulto (%), atratividade alimentar de lagartas, preferência de oviposição com e sem chance de escolha e parâmetros nutricionais. Os resultados indicam que a soja e o algodão proporcionaram menor duração do período larva-adulto, maior sobrevivência larva-adulto e maior peso de pupas, em comparação aos hospedeiros milho, trigo e aveia. A preferência alimentar foi maior para os hospedeiros algodão e soja, assim como a preferência de oviposição dos adultos em testes com e sem chance de escolha. O trigo também teve uma alta preferência para oviposição. O algodão proporcionou maior consumo, maior digestão e peso final de lagartas, em relação à soja, indicando que *S. cosmioides* tem grande adaptação na cultura do algodoeiro. Essas informações são de grande importância para a melhor compreensão da dinâmica populacional dessa praga nessas culturas e para fornecer subsídios para elaboração de estratégias de manejo de *S. cosmioides*.

Palavra-chave: Algodão. Preferência para oviposição. Interação inseto-planta.

5.2 ABSTRACT

Spodoptera cosmioides (Walker) is a pest of increasing importance on different crops, which has caused economic losses due to defoliation and injury cause on the reproductive structures of cultivated plants. This underscores the need for studies evaluating its development and nutrition in different hosts. The objective of this work was to study the development of *S. cosmioides* on different host plants and artificial diet as a standard of comparison. Newly hatched larvae were placed in waxed cups and fed with pieces of leaves of soybean, cotton, corn, wheat, oat and artificial diet. The variables evaluated were: duration of pre - pupa , pupa , larva -adult period (days), pupal weight (g), sex ratio, survival (%), feeding and oviposition preference with and without choice and nutritional parameters. The results indicate that soybean and cotton provided lower duration of larva-adult period, greater insects survival and higher pupal weight compared to corn, wheat and oat. The feeding was higher preference for the cotton and soybean hosts, as well as the oviposition preference of adults in tests with and without choice. Wheat was also preferred for oviposition. Cotton showed higher consumption, digestion and higher final weight of caterpillars compared to soybean, indicating that *S. cosmioides* has great adaptation in cotton. This information is important for a better understanding of the population dynamics of this pest in these crops and to provide grants for the development of management strategies for *S. cosmioides*.

Key-words: Cotton. Oviposition preference. Insect-plant interaction.

5.3 INTRODUÇÃO

Spodoptera cosmioides (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) é um inseto polífago que se alimenta de diversas espécies vegetais como soja, algodão, feijão, eucalipto, arroz entre outras plantas de importância econômica (HABIB et al., 1983; BAVARESCO et al., 2003, 2004; PASTRANA, 2004; SPECH et al., 2004). No cultivo dessas espécies vegetais, entre os sistemas de plantio utilizados mundialmente, a rotação de culturas traz diversas vantagens em relação ao monocultivo, principalmente pela menor ocorrência de pragas e favorecimento da presença de inimigos naturais, o que pode redundar em menor uso de inseticidas, favorecendo a sustentabilidade desses sistemas. Nesse contexto, é importante salientar que o uso constante de áreas com cultivos sucessivos durante o ano, pode levar a formação de “pontes-verdes”, aumentando a disponibilidade de alimentos, o que consequentemente favorece a permanência de pragas na paisagem agrícola (SANTOS, 1999; BUENO et al., 2012), levando espécies de insetos, antes consideradas pragas secundárias, a ganhar maior importância econômica, passando ao status de pragas-chave.

O complexo de lagartas do gênero *Spodoptera* é um exemplo dessas pragas que vêm crescendo em importância econômica na agricultura do país (BUENO et al., 2010). Nas últimas safras, principalmente no cerrado, constatou-se de forma crescente a ocorrência

de *S. cosmioides* em lavouras de algodão e soja, causando desfolha e danos significativos à produtividade dessas culturas (SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005; QUINTELA et al., 2007). É importante destacar que sua ocorrência como praga é constatada principalmente devido a desequilíbrios provocados pelo uso excessivo de inseticidas não seletivos aos inimigos naturais dessa espécie (BAVARESCO et al., 2003).

Informações biológicas relacionadas ao consumo e utilização de alimento, além da preferência hospedeira por *S. cosmioides*, são importantes para abordar a interferência que a composição nutricional de diferentes culturas exerce sobre esta praga, que pode atuar na duração de instares, peso corporal, longevidade de adultos, fecundidade entre outros aspectos biológicos (SCRIBER; SLANSKY JR., 1981; PARRA, 1991; BOREGAS et al., 2013). Esses fatores, incluindo a imigração e emigração de adultos, contribuem para alterações na dinâmica da flutuação populacional dos insetos como *S. cosmioides* na paisagem agrícola (TISDALE; SAPPINGTON, 2001). Nos últimos anos, uma série de estudos sobre os aspectos biológicos, principalmente sobre o ciclo de desenvolvimento de *S. cosmioides*, tem sido realizada em hospedeiros como soja, feijão, aveia, trigo, milho entre outras culturas (BAVARESCO et al., 2001, 2002, 2003, 2004; PASTRANA, 2004; SPECH et al., 2004). No entanto, nem todos estes estudos avaliaram, de forma detalhada, o ciclo de vida destes insetos em plantas hospedeiras, durante os períodos de safra e entressafra. Estudo de fatores biológicos, fisiológicos e características ecológicas dos insetos pragas, em diferentes plantas hospedeiras, é uma forma de reconhecer a resistência da planta hospedeira para esses herbívoros (SARFRAZ et al., 2007) e uma necessidade de pesquisa visando aprimorar as táticas de manejo existentes.

O conhecimento da biologia de *S. cosmioides* em diferentes hospedeiros pode auxiliar na elaboração de estratégias de controle, tais como a redução do número de aplicações de inseticidas para hospedeiros que são menos adequados para o desenvolvimento da praga ou indicando a possibilidade de utilização de outros métodos de controle compatíveis. Assim, visando conhecer a importância de diferentes hospedeiros no desenvolvimento da espécie, o objetivo do presente trabalho foi estudar a biologia, preferência alimentar, preferência de oviposição e parâmetros nutricionais de *S. cosmioides* em soja, milho, algodão, trigo e aveia, em comparação com dieta artificial de Greene et al. (1976), que foi considerada tratamento padrão.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram conduzidos com lagartas da 18^a geração, provenientes de criação de laboratório. As lagartas de *Spodoptera cosmioides* foram originalmente coletadas na cultura de soja, no município de Rio Verde- GO, em 2010, sendo mantidas desde então em laboratório, na dieta de Greene et al. (1976) à base de feijão, germe de trigo, farelo de soja e caseína. Os experimentos foram conduzidos em condições controladas de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h) e campo, localizados na Embrapa Soja, Londrina, PR.

5.4.1 Biologia de *S. cosmioides* em Diferentes Plantas Hospedeiras

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. Cada repetição foi constituída de 10 lagartas individualizadas, totalizando assim 60 lagartas por tratamento. Os tratamentos avaliados foram soja (BRS 284), trigo (BRS Pardela), milho (DKB390), aveia (Embrapa 139), algodão (FMT 701) e dieta artificial de Greene et al. (1976). Inicialmente, posturas de *S. cosmioides* foram individualizadas em copos parafinados com os diferentes alimentos e mantidos em câmaras climatizadas tipo BOD, com temperatura, umidade e fotofase controladas até a emergência das lagartas. Lagartas de 1^o ínstar de até 24 horas de idade foram individualizadas no mesmo alimento para avaliação diária dos parâmetros biológicos.

Para fornecer as folhas aos insetos, estas foram mergulhadas em hipoclorito de sódio (4%), enxaguadas em água destilada e o excesso de água retirado com papel toalha. Diariamente, o alimento era substituído e observou-se o período de duração larva-adulto, viabilidade da fase larval e pupal, peso de pupas (24 h) e razão sexual.

5.4.2 Preferência Alimentar de *S. cosmioides* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Foram conduzidos dois experimentos em condições controladas de laboratório. Um dos ensaios foi conduzido com lagartas de 1^o e outro com lagartas de 3^o ínstar. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e 30 repetições. Cada repetição foi constituída de uma placa de Petri acrílica com 15 cm de diâmetro, forrada com papel filtro umedecido em água destilada que recebeu discos foliares da região mediana das folhas de soja, algodão e milho (2 cm de diâmetro) e partes da região

mediana das folhas de trigo e aveia (50-70g), semelhantes ao peso da área foliar das demais culturas testadas. O alimento foi distribuído de forma equidistante, visando avaliar a atratividade alimentar de *S. cosmioides* por cada planta hospedeira. Quando o ensaio foi realizado com lagartas de 1º instar, foram liberados 24 insetos no centro da placa de Petri. Quando foi realizado com lagartas de 3º instar, foram liberadas 12 lagartas, essa diferença no número de insetos foi devido ao tamanho das lagartas e capacidade da placa. As avaliações foram feitas após 60 min e 24 h da liberação, verificando-se o número de insetos presentes sob os diferentes tratamentos.

5.4.3 Preferência para Oviposição de *S. cosmioides* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Foram conduzidos dois experimentos avaliando a preferência de adultos de *S. cosmioides* para a oviposição entre as plantas de soja, milho, algodão, trigo e aveia. Estes foram instalados em condições de campo, no interior de casas teladas com 5 x 4 x 2,5 m (comprimento, largura e altura), com delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. Um dos experimentos foi conduzido com chance de escolha para oviposição da mariposa. Cada telado foi considerado uma repetição. O outro experimento foi conduzido sem chance de escolha, onde, em cada telado, as mariposas foram confinadas com apenas uma das culturas. Para o ensaio com chance de escolha, em cada telado havia 10 vasos de cada cultura, agrupados e equidistantes dos demais hospedeiros e para os ensaios sem chance de escolha, cada telado continha 50 vasos de uma única cultura.

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para 20 litros, preenchidos com solo até 15 cm da borda superior, onde foi semeada a espécie hospedeira (algodão, milho, soja, trigo e aveia), na densidade de cinco plantas por vaso, semeadas em plantio escalonado. Para padronização dos experimentos, as plantas foram utilizadas quando possuíam de 8 a 10 folhas expandidas e completamente desenvolvidas. Após início da oviposição em laboratório (três dias de idade), as mariposas foram liberadas no interior das casas teladas, no início da escotofase, na densidade de aproximadamente 100 casais de *S. cosmioides*. As posturas encontradas após 60h da liberação das mariposas foram retiradas e levadas ao laboratório para contagens de número de ovos e posição na planta (terço inferior, médio e superior).

5.4.4 Variáveis Nutricionais de *S. cosmioides* em Diferentes Plantas Hospedeiras

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizados, com 30 repetições para cada cultura. Para a realização desse estudo, lagartas de *S. cosmioides* foram mantidas nos diferentes hospedeiros até o momento da implantação dos tratamentos, realizados a partir do 3º instar larval, quando 30 insetos foram pesados, individualizados em copos parafinados e mantidos em câmara climatizada (BOD) à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h. Diariamente, o alimento de cada repetição foi substituído. Antes de fornecer as folhas aos insetos, estas foram mergulhadas em hipoclorito de sódio (4%), enxaguadas em água destilada e o excesso de água retirado com papel toalha. O alimento fornecido foi pesado diariamente em balança analítica com precisão de 0,0001g e o alimento remanescente removido e armazenado. As fezes produzidas também foram removidas e armazenadas. Ao atingir o máximo desenvolvimento larval, as lagartas foram pesadas, mortas por congelamento e posteriormente secas em estufa, assim como o alimento remanescente e as fezes produzidas por estas, mantidas a $55\text{-}60^\circ\text{C}$ por 72h, até atingir peso constante indicando a completa desidratação.

Os parâmetros avaliados foram: peso inicial de lagarta de 3º instar (mg), peso final das lagartas (mg), peso do alimento fornecido (mg), peso de fezes (mg) e tempo de alimentação (dias). Paralelamente, uma alíquota de 10 lagartas tiveram seu peso fresco e seco anotados, para obtenção do fator de correção para o peso seco inicial, que foi calculado através da média do peso seco dividido pela média do peso fresco e o valor obtido foi multiplicado em todos os pesos frescos iniciais das lagartas utilizadas no ensaio (PARRA, 1991). O mesmo procedimento foi utilizado para obter o fator de correção do peso seco do alimento fornecido em função da perda de água. Todos os valores de peso obtidos foram transformados em peso seco para realização das análises.

5.4.4.1 Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por *S. cosmioides*

O crescimento e o consumo para os diferentes tratamentos foram obtidos pelo ajuste, respectivamente, do peso final da lagarta e quantidade de alimento consumido, pela covariável tempo de alimentação. O ganho de peso foi estimado através do ajuste de peso final da lagarta pela covariável peso inicial. O peso final da lagarta, nos diferentes

tratamentos, foi ajustado pela quantidade de alimento consumido e digerido (quantidade de alimento consumido menos a quantidade de fezes produzida pelos insetos), para determinar a eficiência de conversão dos alimentos ingeridos e digeridos, em biomassa. A assimilação dos alimentos foi obtida através da correção da quantidade de fezes produzida pela covariável quantidade de alimento consumido (RAUBENHEIMER; SIMPSON, 1994).

5.4.5 Análise Estatística

Os resultados dos diferentes bioensaios foram submetidos às análises exploratórias para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965), a homogeneidade de variância dos tratamentos e a aditividade do modelo (BURR; FOSTER, 1972), para permitir a aplicação da ANOVA. As médias foram então comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) (SAS INSTITUTE, 2009).

Para avaliação das variáveis nutricionais, utilizou-se análises de covariância (ANCOVA), que foram realizadas para avaliar o efeito das covariáveis sobre as variáveis de resposta e estimar o crescimento, consumo alimentar, eficiência na assimilação e conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa, além do ganho de peso, conforme proposto por Raubenheimer e Simpson (1992). Todas as análises de covariância foram realizadas utilizando-se os pesos secos. Após a realização da ANCOVA, quando a interação entre a covariável e o tratamento foi significativa, considerou-se o efeito dos tratamentos ajustados pela covariável. Entretanto, quando a interação (covariável x tratamento) não foi significativa, utilizou-se o modelo de linhas paralelas, considerando-se somente o efeito dos tratamentos (PIUBELLI et al., 2005).

5.5 RESULTADOS

5.5.1 Biologia de *S. cosmioides* em Diferentes Plantas Hospedeiras

O período de desenvolvimento (dias) dos estádios de pré-pupa e pupa teve menor duração somente para os insetos mantidos no tratamento com milho, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 5.1). As lagartas de *S. cosmioides*, alimentadas com folhas de soja e algodoeiro, tiveram menor período de desenvolvimento larva-adulto (Tabela 5.1) do que aquelas mantidas em folhas de milho e aveia ($gl = 24$; $p < 0,0001$), além da dieta artificial, utilizada em criações de laboratório para manutenção da

espécie, que também proporcionou maior duração no desenvolvimento. A diferença de período larva-adulto foi de 1,68 dias a menos de soja para algodoeiro; 4,52 dias a menos de soja para dieta artificial; 6,10 dias a menos de soja para aveia e 8,79 dias a menos de soja para o milho (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 – Duração (média \pm EP), dos estágios de pré-pupa e pupa (dias) e período larva-adulto de *Spodoptera cosmioides* em diferentes alimentos sob condições controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Duração em dias		
	Pré-pupa*	Pupa*	Larva-Adulto*
Soja	2,23 \pm 0,28 a	12,27 \pm 0,20 a	33,51 \pm 0,88 c
Algodão	2,24 \pm 0,15 a	12,59 \pm 0,23 a	35,19 \pm 0,92 bc
Dieta Artificial**	2,43 \pm 0,08 a	12,43 \pm 0,36 a	38,03 \pm 1,17 ab
Aveia	2,00 \pm 0,00 a	12,58 \pm 0,14 a	39,61 \pm 0,52 ab
Trigo***	-	-	-
Milho	1,00 \pm 0,00 b	10,00 \pm 0,00 b	42,30 \pm 0,00 a
p	<0,0282	<0,0227	<0,0011
gl	24	24	24
F	3,67	3,91	8,03
CV (%)	16,91	5,06	6,2

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

** Greene et al. (1976). *** Não houve sobreviventes.

A sobrevivência do período larva-adulto de *S. cosmioides* (Tabela 5.2), em soja e algodão, foi superior a 76%. Dieta artificial e aveia proporcionaram sobrevivência inferior a 45% e milho inferior a 2%. Lagartas alimentadas com trigo não originaram adultos (Tabela 5.2). As pupas oriundas de dieta artificial, algodão e soja apresentaram maior peso com 0,54 g; 0,46 g e 0,37 g, respectivamente (Tabela 5.2). As pupas de menor peso foram formadas por lagartas alimentadas com aveia (0,24 g) e milho (0,20 g) (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Peso de pupas (gramas), sobrevivência larva-adulto (%) e razão sexual (média \pm EP) de *Spodoptera cosmioides* em diferentes alimentos sob condições controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Sobrevivência larva-adulto (%) [*]	Razão sexual [*]	Peso pupa (gramas) [*]
Soja	76,67 \pm 7,60 a	0,64 \pm 0,11 ¹	0,25 \pm 0,02 a
Algodão	78,33 \pm 3,07 a	0,53 \pm 0,08	0,20 \pm 0,00 a
Dieta Artificial ^{**}	45,00 \pm 7,19 b	0,37 \pm 0,15	0,25 \pm 0,02 a
Aveia	40,00 \pm 5,77 b	0,62 \pm 0,11	0,10 \pm 0,00 b
Trigo ^{***}	-	-	-
Milho	1,67 \pm 1,67 c	-	0,20 \pm 0,00 c
p	<0,0001	<0,2410	<0,0001
gl	35	15	22
F	47,87	1,52	14,85
CV (%)	30,22	13,75	20,68

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Greene et al. (1976). ***Não houve sobreviventes. ^{ns}Não significativo. ¹Análise realizada nos dados transformados em $\sqrt{X + 0.5}$.

5.5.2 Preferência Alimentar de *S. cosmioides* por Diferentes Plantas Hospedeiras

No ensaio de preferência alimentar realizado com lagartas de 1^o ínstar, quando a avaliação foi realizada 60 minutos após a liberação, foi observada pouca movimentação dos insetos, visto que a maioria das lagartas se encontrava no meio das placas (10,50). Os hospedeiros soja, algodão, milho, aveia e trigo não promoveram diferença na atratividade dos insetos. Resultado semelhante foi observado para as lagartas de 3^o ínstar, no mesmo tempo de avaliação (Tabela 5.3). Diferentemente, quando a avaliação foi realizada 24 horas após a liberação das lagartas de 1^o e 3^o ínstar, os hospedeiros soja, aveia e trigo apresentaram maior preferência em relação ao algodão e milho, que foram menos preferidos aos insetos (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 – Atratividade alimentar (média \pm EP) de *Spodoptera cosmioides* (1^o ínstar n=24 e 3^o ínstar n=12) aos 60 min e 24 h em diferentes hospedeiros (25 \pm 1°C, 70 \pm 10% UR e fotofase de 14h).

Tratamentos	Número de insetos			
	60 min		24 h	
	1 ^o ínstar*	3 ^o Ínstar*	1 ^o ínstar*	3 ^o ínstar*
Placa**	10,50 \pm 0,96 a	4,29 \pm 0,36 a	1,93 \pm 0,37 b	1,57 \pm 0,29 bc
Soja	2,57 \pm 0,52 b	1,73 \pm 0,29 b	6,00 \pm 0,73 a	3,30 \pm 0,34 a
Algodão	2,77 \pm 0,37 b	1,93 \pm 0,24 b	2,63 \pm 0,48 b	0,77 \pm 0,20 bc
Aveia	4,06 \pm 0,90 b	1,13 \pm 0,26 b	6,90 \pm 0,87 a	3,30 \pm 0,28 a
Trigo	2,50 \pm 0,48 b	1,36 \pm 0,27 b	6,23 \pm 0,75 a	2,17 \pm 0,23 ab
Milho	1,83 \pm 0,34 b	1,17 \pm 0,23 b	0,33 \pm 0,12 c	0,47 \pm 0,19 c
CV (%)	83,37			

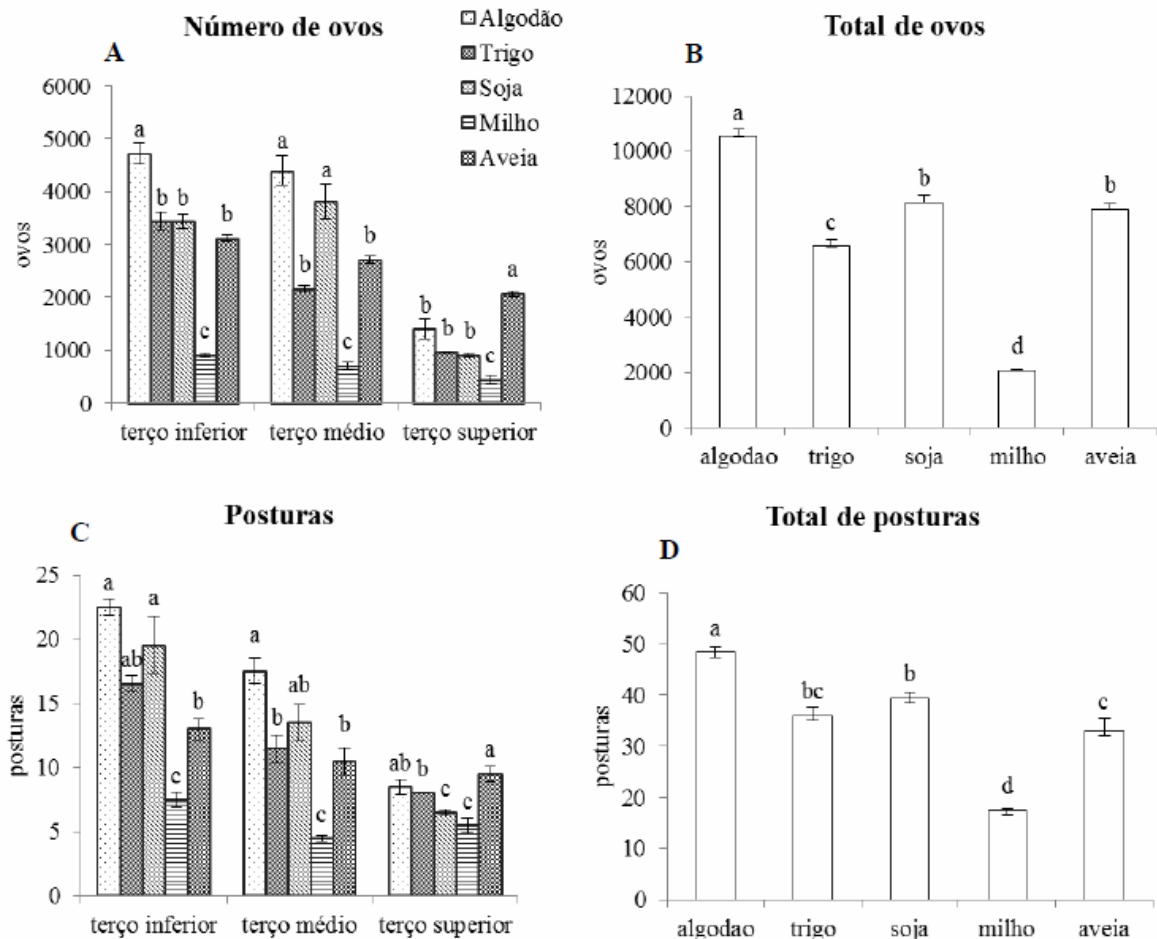
*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Insetos que não estavam sobre nenhum hospedeiro no momento da avaliação.

5.5.3 Preferência para Oviposição de *S. cosmioides* por Diferentes Plantas Hospedeiras

Para os testes de preferência de oviposição de *S. cosmioides* sem chance de escolha (Figura 5.1), o número de ovos no terço inferior e médio foi maior para o algodão (Figura 5.1A). Na região superior o maior número de ovos foi encontrado na aveia, e os demais hospedeiros não diferiram entre si. O milho foi o hospedeiro que apresentou menor número de ovos em todas as regiões da planta (Figura 5.1A). Com relação ao total de ovos (Figura 5.1B) entre os hospedeiros, o algodão apresentou a maior quantidade (10.507 ovos), seguido pela soja e aveia com 8.154 e 7.907 ovos, respectivamente. O milho entre os hospedeiros testados, foi o que recebeu o menor número de ovos (2.070) (Figura 5.1B).

O número de posturas efetuadas por *S. cosmioides* no terço inferior (Figura 5.1C) da planta foi maior no algodão, soja e trigo. Na região mediana da planta (Figura 5.1C), o algodão (17,5) e a soja (14,5) destacaram-se com maior número de posturas. Na região superior (Figura 5.1C), aveia e algodão tiveram maior número de posturas. No milho observou-se o menor número de posturas em todas as regiões da planta (Figura 5.1C). A maior preferência de oviposição das mariposas foi por algodão, em relação ao demais hospedeiros avaliados (soja, milho, aveia e trigo) (Figura 5.1D). Na soja e no trigo foi encontrado um número total de posturas semelhantes com 36 e 39 posturas, respectivamente. O milho foi o hospedeiro menos preferido para oviposição (Figura 5.1D).

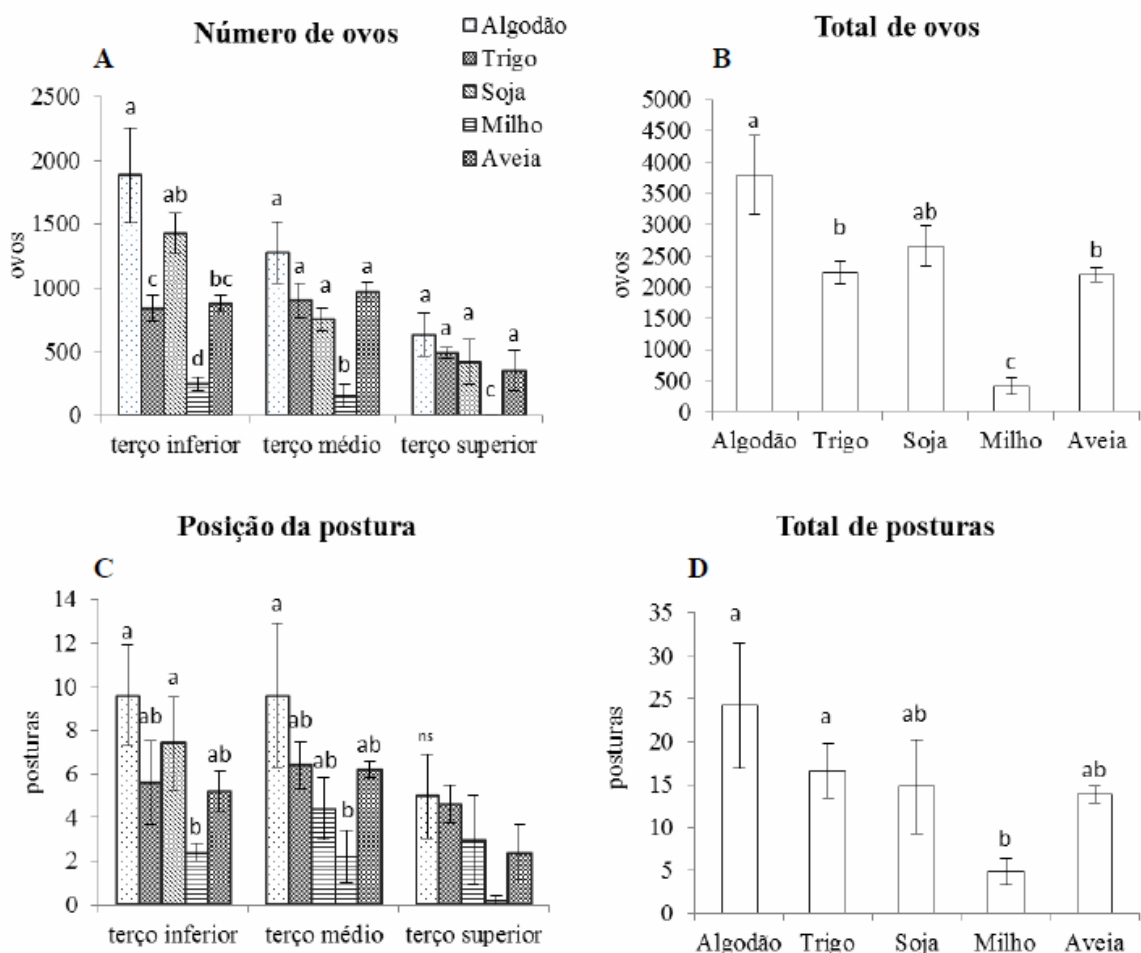
Figura 5.1 – Número de ovos e de posturas (média \pm EP) de *Spodoptera cosmioides* em diferentes hospedeiros em testes sem chance de escolha. Médias seguidas de mesma letra para as figuras A e C não diferem entre si para cada região da planta (terço inferior, médio e superior) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas de mesma letra para as figuras B e D não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



A preferência de oviposição de *S. cosmioides*, em testes com chance de escolha (Figura 5.2), apresentou maior quantidade de ovos no terço inferior para cultura do algodão e da soja (Figura 5.2A). Na região mediana, todos os hospedeiros tiveram número de ovos semelhantes, com exceção do milho que teve a menor média (Figura 5.2A). O algodão, a soja e o trigo obtiveram maior número de ovos na região superior. O milho foi o hospedeiro que apresentou menor número de ovos em todas as regiões da planta (Figura 5.2A). Com relação ao total de ovos (Figura 5.2B) entre os hospedeiros, o algodão e a soja apresentaram a maior quantidade com 3.792 e 2.648 ovos, respectivamente. O milho, entre os hospedeiros testados, foi o que apresentou o menor total de ovos (408). O número de posturas (Figura 5.2C) das mariposas no terço inferior, médio e superior foi estatisticamente semelhante, exceto para o milho que obteve menor número de posturas em todas as regiões da planta,

quando comparado aos outros hospedeiros(Figura 5.2C). Entre os hospedeiros avaliados, o menos preferido foi o milho com menor total de posturas (4,8) durante o período de oviposição (Figura 5.2D).

Figura 5.2 – Número de ovos e de posturas (média \pm EP) de *Spodoptera cosmioides* em diferentes hospedeiros em testes com chance de escolha. Médias seguidas de mesma letra para as figuras A e C não diferem entre si para cada região da planta (terço inferior, médio e superior) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas de mesma letra para as figuras B e D não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).^{ns}Não significativo.



5.5.4 Vari Nutricionais de *S. cosmioides* em Diferentes Plantas Hospedeiras

Os hospedeiros, trigo aveia e milho não foram computados, pois o número de indivíduos sobreviventes foi insuficiente. Os dados obtidos pela ANOVA apontaram que os tratamentos foram significativos para a variável peso final de lagarta, quantidade de alimento consumido, peso de fezes e tempo de alimentação (Tabela 5.4). Lagartas alimentadas com

algodão e dieta artificial obtiveram maior peso final, mesmo permanecendo menos tempo se alimentando e com menor consumo que a cultura da soja. Essa influenciou negativamente no peso final de lagartas, e prolongou o período de alimentação dos insetos, que mesmo com o maior consumo, não foi convertido em peso final da lagarta (Tabela 5.4). O peso inicial das lagartas de 3^o ínstar não foi influenciado pelos tratamentos.

Tabela 5.4 – Peso inicial de lagartas de 3^o ínstar (mg), peso final de lagartas (mg), consumo (mg), peso de fezes (mg), tempo de alimentação (dias) (Média ± EP) de *Spodoptera cosmioides* em diferentes alimentos (25 ± 1°C, 70 ± 10% UR e fotofase de 14h).

Tratamento	Peso Inicial da Lagarta (mg) ^{ns}	Peso Final da Lagarta (mg) [*]	Consumo (mg) [*]	Peso de fezes (mg) [*]	Tempo de Alimentação (dias) [*]
Soja	1,20 ± 0,12	72,79 ± 7,07 b	1427,82 ± 28,41a	175,08 ± 11,63b	10,96 ± 0,03 a
Algodão	1,35 ± 0,12	112,70 ± 11,18 a	1179,86 ± 30,03b	235,37 ± 21,00a	9,34 ± 0,10 b
Dieta Artificial ^{**}	1,31 ± 0,09	131,52 ± 9,03 a	431,93 ± 13,92 c	157,62 ± 13,13b	8,12 ± 0,13 c
CV%	44,40	42,99	12,25	40,66	5,12

^{*}Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ^{**}Greene et al. (1976).^{ns} Não significativo.

5.5.4.1 Crescimento, consumo alimentar, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e assimilação dos alimentos por *S. cosmioides*

Não houve resposta significativa para a ANCOVA (Tabela 5.5), utilizada para estimar o crescimento, ganho de peso, eficiência na conversão dos alimentos ingeridos e digeridos em biomassa e na assimilação de alimentos. Assim, essas relações puderam ser representadas pelo modelo de linhas paralelas, assumindo-se a validade dos dados obtidos pela ANOVA (Tabela 5.4).

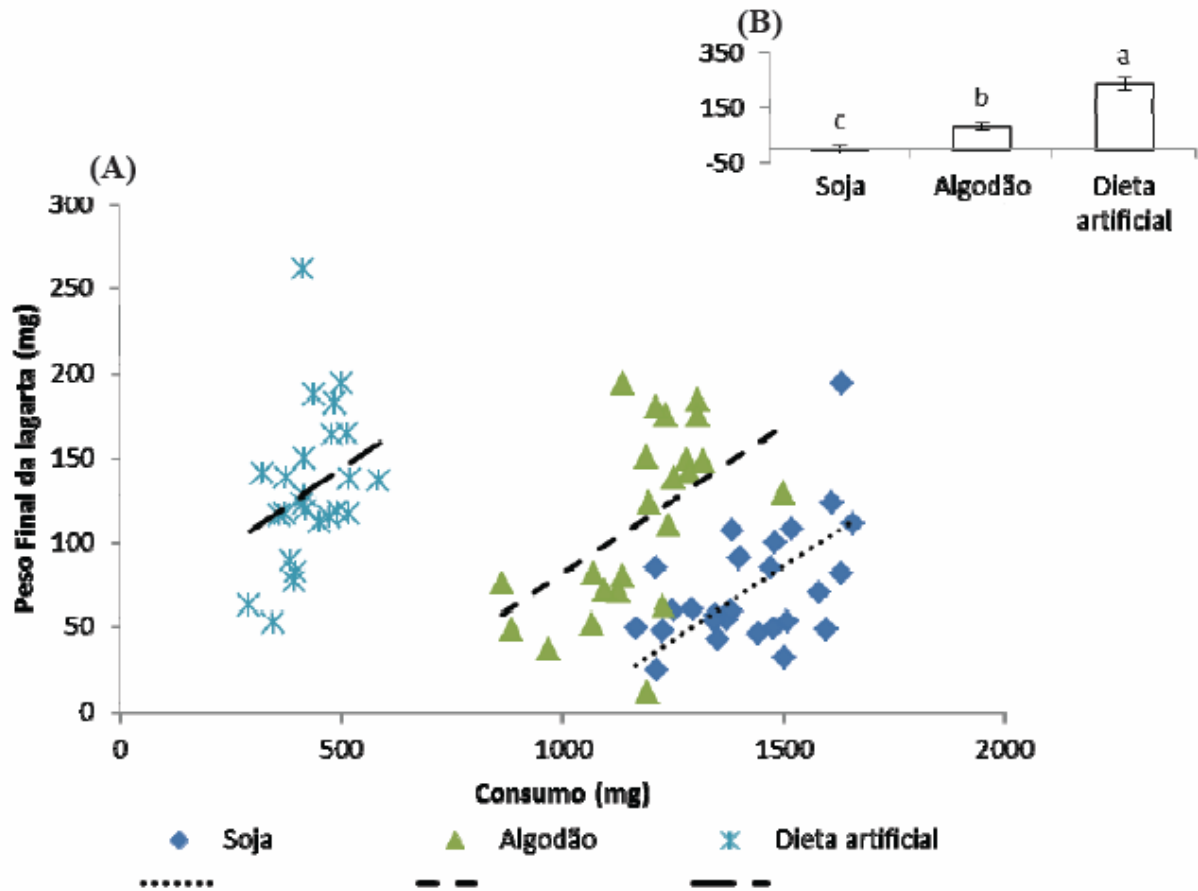
Tabela 5.5 – Análise de covariância (ANCOVA) do efeito dos diferentes tratamentos no ajuste de peso final de lagarta pela covariável peso inicial (a,b), peso final de lagarta pelas covariáveis tempo de alimentação e consumo (c,d,e,f), consumo pela covariável tempo de alimentação (c,d), peso de fezes pela covariável consumo (e,f), peso final de lagarta pela covariável alimento digerido (g,h) em *Spodoptera cosmioides* ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14h).

Variação	GL	Valor de F		
		Peso Final de Lagarta	Alimento Consumido	Peso de Fezes
(a) Peso Inicial (covariável)	1	0,19 ^{ns}	-	-
Tratamento	2	1,58 ^{ns}	-	-
Peso Inicial x Tratamento	2	1,50 ^{ns}	-	-
Resíduo	68	-	-	-
(b) Tratamento	2	1,07 ^{ns}	-	-
Peso Inicial	1	0,19 ^{ns}	-	-
Resíduo	70	-	-	-
(c) Tempo de Alimentação (covariável)	1	0,19 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-
Tratamento	2	1,58 ^{ns}	453,34 ^{***}	-
Tempo de Alimentação x Tratamento	2	1,50 ^{ns}	2,50 ^{ns}	-
Resíduo	68	-	-	-
(d) Tratamento	2	1,07 ^{ns}	98,70 ^{***}	-
Tempo de Alimentação	1	0,19 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-
Resíduo	70	-	-	-
(e) Consumo (covariável)	1	21,55 ^{***}	-	25,81 ^{***}
Tratamento	2	2,07 [*]	-	1,61 [*]
Alimento Consumido x Tratamento	2	0,83 ^{ns}	-	2,26 ^{ns}
Resíduo	68	-	-	-
(f) Tratamento	2	19,76 ^{***}	-	16,12 ^{***}
Alimento Consumido	1	21,66 ^{***}	-	24,91 ^{***}
Resíduo	70	-	-	-
(g) Alimento Digerido (covariável)	1	2,26 ^{ns}	-	-
Tratamento	2	59,07 ^{***}	-	-
Alimento Digerido x Tratamento	2	1,19 ^{ns}	-	-
Resíduo	70	-	-	-
(h) Tratamento	2	463,67 ^{***}	-	-
Alimento Digerido	1	2,25 ^{ns}	-	-
Resíduo	68	-	-	-

*p<0,05; ***p<0,001; ^{ns} Não significativo.

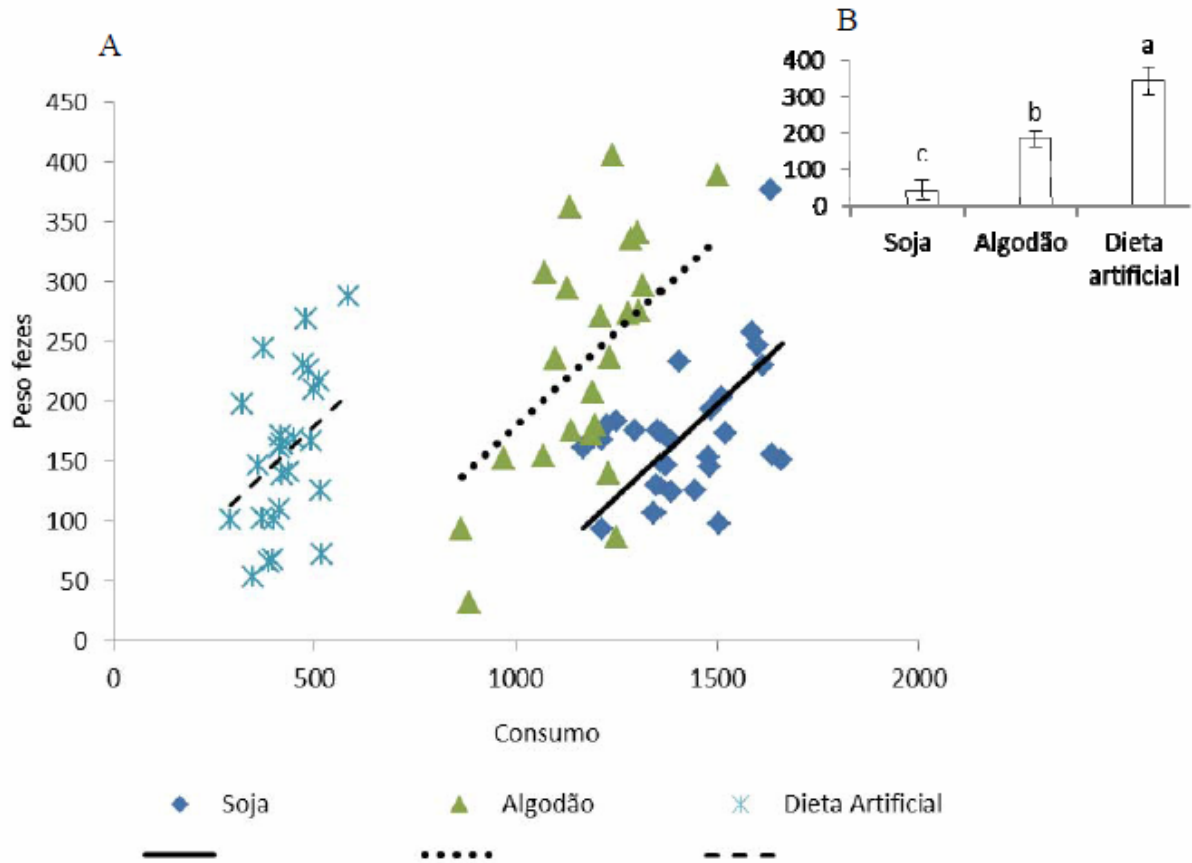
Não houve interação do consumo no peso final de lagartas (Figura 5.3A), que indica a eficiência na conversão do alimento ingerido em biomassa, houve somente efeito da covariável (Consumo) de modo que o maior peso final foi apresentado por insetos alimentados na dieta artificial (Figura 5.3B).

Figura 5.3 – (A) Relação entre Consumo (mg) e peso final e lagarta (mg) de *S. cosmioides* alimentadas com soja, algodão e dieta artificial. (B) Peso final de lagartas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



A assimilação do alimento por *S. cosmioides* teve efeito significativo somente da covariável consumo. As lagartas de *S. cosmioides* alimentadas com dieta artificial produziram maior quantidade de fezes (Figura 5.4).

Figura 5.4 – (A) Relação entre consumo (mg) e peso de fezes (mg) de *S. cosmioides* alimentadas com soja, algodão e dieta artificial. (B) Peso de fezes. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



5.6 DISCUSSÃO

O desenvolvimento dos insetos depende da qualidade do alimento ingerido nos primeiros instares larvais, que podem variar de acordo com o hospedeiro utilizado (PANIZZI; PARRA 2009). Neste estudo, a fase de pré-pupa e pupa foi negativamente afetada para insetos alimentados na cultura do milho, em comparação aos demais hospedeiros (soja, algodão, aveia e trigo). O período de desenvolvimento larva-adulto também foi prolongado, o que mostra que *S. cosmioides* utilizou-se dessa estratégia para suprir a inadequabilidade nutricional proporcionada por esse hospedeiro. Maior quantidade de alimentos é necessária para insetos herbívoros alcançar suas necessidades nutricionais, sempre que a disponibilidade de nutrientes é baixa ou quando o processo digestório é ineficiente (SCHOONHOVEN et al., 1998; KERPEL et al., 2006). A estratégia de prolongar o período de alimentação em insetos, estendendo o desenvolvimento larval como ação compensatória para atender suas exigências nutricionais, é descrita para diversas espécies de insetos como *Anticarsia gemmatalis* Hubner,

S. frugiperda entre outros (CROCOMO; PARRA, 1985; SILVEIRA et al., 1997; MACHADO et al., 1999; BUSATO et al., 2004).

O melhor desempenho no acúmulo de biomassa, para formação de pupas foi observado para os insetos alimentados com folhas de soja e algodão, assim como a maior sobrevivência, o que evidencia o alto potencial desse lepidóptero em multiplicar-se nessas plantas. A dieta artificial utilizada, apesar de ter formado pupas com peso elevado, juntamente com os hospedeiros aveia, trigo e milho proporcionaram sobrevivência inferior a 45%, o que indica a baixa performance dos insetos e a falta de componentes essenciais para o desenvolvimento desse lepidóptero nesses alimentos. O termo performance é empregado para caracterizar a sobrevivência de todos os estágios dos insetos: ovo, larva e pupa (WALDBAUER, 1968; SCRIBER; SLANSKY JR., 1981).

A elevada sobrevivência de *S. cosmioides* em soja e algodão, associada à movimentação das populações dessa praga, que pode ocorrer no sistema produtivo de sucessão destas duas culturas, pode levar a sérias implicações no manejo da resistência e nas táticas de controle, considerando que plantas Bts, aliadas a bioinseticidas Bt, que tenham modo de ação semelhante, podem contribuir para a seleção de populações com resistência cruzada (ROUSH, 1989; SCOTT, 1990; 1995). Também, a coexistência no agroecossistema de diversas culturas de forma simultânea e principalmente a rotação soja e milho promovem uma elevada pressão de seleção sobre *S. cosmioides*, podendo selecionar novas preferências alimentares na ausência do alimento principal (BOREGAS et al., 2013).

Pelos resultados obtidos, é importante ressaltar que a escolha dos insetos é mediada pelas características da planta que afetam sua performance, que incluem, além da composição nutricional, aleloquímicos, características físicas como dureza, tamanho, forma e textura e distribuição temporal (RENWICH, 1983; TABASHNIK; SLANSKY JR., 1987; BRUCE et al., 2005). Estes fatores podem ser determinantes no reconhecimento do hospedeiro (SLANSKY; SCRIBER, 1985; THOMPSON; DODDS et al., 1996). Além disso, em insetos da ordem Lepidoptera, a seleção da planta hospedeira pelas lagartas é comumente associada à escolha da fêmea adulta para o local de oviposição (LEAL; ZUCOLOTO, 2008; SINGER, 1984). Devido a esse comportamento, muitos estudos têm investigado a relação entre a preferência hospedeira da fêmea adulta e o desempenho da prole (KARBAN; COURTNEY, 1987; DAMMAN; FEENNEY, 1988; NYLIN; JANZ, 1993; SINGER et al., 1994), conhecida como "*mother-knows-best hypothesis*" ou hipótese de preferência-desempenho (GRIPENBERG et al., 2010).

A correlação positiva entre a preferência hospedeira da fêmea adulta para postura e o desempenho de sua prole é observada nos resultados obtidos principalmente considerando as lagartas de 1º e 3º instar 24 h após o início do teste de preferência alimentar e no teste de oviposição com chance de escolha. Lagartas de 1º e 3º instar 24 h após sua liberação se mostraram mais concentradas em folhas de soja, aveia, trigo e algodão. De forma similar, nos testes de preferência de oviposição com chance de escolha, o hospedeiro preferencial também foi soja, aveia, trigo e algodão, em relação ao milho que foi o menos preferido para oviposição. Isto sustenta a hipótese de preferência-desempenho (GRIPENBERG et al., 2010), que pode ser associada a *S. cosmioides* devido à sua preferência, principalmente por soja e algodão, demonstrada também durante seu desenvolvimento larval nos ensaios de biologia aqui realizados, além de estudos relatados por outros autores (LEAL; ZUCOLOTO, 2008; BARROS et al., 2010). Entretanto, a biologia de *S. cosmioides* realizada no presente estudo demonstrou que este lepidóptero não consegue se desenvolver de forma satisfatória nos hospedeiros aveia, trigo e milho, onde se observaram níveis de sobrevivência muito baixos. Thompson (1988) relata que embora seja esperada essa correlação positiva, devido a essa associação entre mariposas e lagartas, nem sempre ela acontece, o que é explicado pela variação de condições ecológicas e pressão de seleção do local onde estão inseridos esses insetos. Este fato pode ter influenciado na escolha dos hospedeiros aqui estudados para oviposição.

As plantas hospedeiras não são utilizadas da mesma maneira pelos insetos, algumas são somente aceitas, outras, preferidas (SINGER, 1986). É importante ressaltar que as mariposas, nos testes sem chance de escolha, ovipositaram em todos os hospedeiros, o que demonstra que essas visam garantir a continuidade da espécie, ovipositando em todos os substratos. Porém, entre todos os hospedeiros estudados, a não preferência para oviposição na cultura do milho, em testes com e sem chance de escolha, foi mais acentuada e comprovada pelos ensaios realizados sobre a biologia do inseto, onde esses não foram capazes de completar o ciclo larval. Outros mecanismos envolvidos na seleção hospedeira e que não foram avaliados neste estudo são a cor e a presença de tricomas, porém, os mecanismos para averiguar principalmente a influência de cores na seleção de plantas por insetos adultos ainda é de difícil compreensão (VENDRAMIM; GUZZO, 2009).

A quantidade e a qualidade do alimento, além de exercerem interferência direta na preferência hospedeira, afetam a taxa de crescimento, o tempo de desenvolvimento, o peso, a sobrevivência dentre outros fatores (NATION, 2002; GOLIZADEH et al., 2009; CABEZAS et al., 2013). Assim, aspectos nutricionais do hospedeiro podem ajudar a

estabelecer comparações sobre a utilização desses alimentos nos insetos. Com os resultados obtidos, verifica-se que, em geral, o crescimento, ganho de peso e a eficiência na conversão do alimento ingerido pelo inseto e o seu aproveitamento foram influenciados pelos diferentes hospedeiros. Os parâmetros nutricionais não puderam ser avaliados nos hospedeiros trigo, aveia e milho, devido à baixa sobrevivência desses insetos, o que sugere a presença de algum aleloquímico deterrente nas folhas desses hospedeiros ou efeitos de antibiose e antixenose. Diversos autores relatam as propriedades deterrentes, repelentes e estimulantes de aleloquímicos presentes nas plantas (ISHAAYA, 1986; NORRIS; KOGAN, 1987; VENDRAMIM; GUZZO, 2009).

A quantidade de alimento ingerido por lagartas alimentadas com soja foi superior aos demais hospedeiros, porém, o peso final dessas lagartas e a produção de fezes foram inferiores, o que indica que a soja foi o hospedeiro menos favorável e proporcionou menor assimilação e conversão do alimento em biomassa. Existem nutrientes necessários para o desenvolvimento de lagartas incluindo sais, vitaminas e esteróis (STOCKHOFF, 1992; AWMACK; LEATHER, 2002; O'BRIEN et al., 2002).

O teor de carboidratos e proteínas pode variar, em função do hospedeiro e do estágio fenológico da planta, sendo que, folhas mais velhas são mais ricas em carboidratos e pobres de proteínas e folhas mais novas possuem tecidos ricos em proteínas (MATTSON, 1980; LINCOLN, 1993). As plantas utilizadas nesse estudo encontravam-se com 8 a 10 folhas expandidas e completamente desenvolvidas e foram consideradas folhas maduras, portanto, pressupõe-se que o nível de proteínas e carboidratos dessas folhas foi intermediário, e, devido às variações que podem ocorrer no hospedeiro, pode se explicar o menor aproveitamento do alimento por *S. cosmiodes* em soja.

A lagarta, na presença de proteínas e carboidratos de baixa qualidade ou do excesso dos mesmos, pode ser capaz de crescer, mas a sua eficiência na conversão em biomassa geralmente é baixa. Assim, a eficiência de conversão do alimento digerido (quantidade de alimento consumido menos a quantidade de fezes produzidas), que é quando o inseto aloca de energia para promover seu crescimento, é convertida para outras rotas metabólicas utilizadas pelo inseto (KAROWE; MARTIN, 1989; LINCOLN, 1993; ELSER et al., 2000; THROOP; LERDAU, 2004).

Outro fator que pode causar interferência na digestão de proteínas são os metabólitos secundários que atuam na defesa da planta contra herbívoros, com destaque para os taninos, conhecidos por causarem redução no crescimento e sobrevivência dos insetos (SCHALLER, 2008), através da formação de complexos com as enzimas digestivas presentes

no intestino dos herbívoros, e, como consequência, redução da digestão de proteínas interfere no crescimento (SCHOONHOVEN et al., 2005).

5.7 CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros biológicos e nutricionais avaliados, pode-se concluir que soja e algodão são considerados bons hospedeiros para o desenvolvimento de *S. cosmioides* devido ao menor período da fase jovem e elevado peso de pupas, que na soja, mesmo com menor assimilação, atendeu os requisitos biológicos para completar o ciclo de desenvolvimento da espécie.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Questões referentes à diversidade vegetal em sistemas agrícolas são frequentemente estudadas, mas nem todos trabalhos relatam de forma detalhada associações entre os aspectos biológicos (desenvolvimento, aproveitamento nutricional, preferência alimentar e hospedeira). Neste estudo foi avaliada somente a fase larval e de pupa até a emergência dos adultos, por uma geração. Pesquisas visando à avaliação da fase de adultos, como a longevidade desses e a viabilidade de seus ovos, por mais de uma geração podem melhorar a compreensão sobre o comportamento de alimentação e escolha de hospedeiros por esses insetos, além de evitar um possível condicionamento pré-imaginal dos mesmos.

O complexo *Spodoptera* possui desenvolvimento rápido, principalmente em regiões com condições ambientais adequadas, e pode atingir até oito gerações anuais. Isto pode favorecer a capacidade de adaptação em diferentes hospedeiros, principalmente por seu hábito polífago. Apesar de *S. frugiperda* ser descrita como praga polífaga, Pashley (1986) relatou a existência de dois biótipos dessa espécie, evidenciados pela análise da composição do feromônio e isolamento unidirecional.

No Brasil, Busato et al. (2004) confirmaram a existência de biótipos de *S. frugiperda* provenientes da cultura do milho e do arroz irrigado. Essa informação é de grande importância, pois, leva à evidência de que pode ocorrer um comportamento diferenciado na escolha da planta hospedeira (PASHLEY et al., 1987; PASHLEY, 1988), na resistência a plantas e inseticidas (PASHLEY et al., 1987b, ADAMCZYK et al., 1997) e no consumo de alimento, o que reflete na capacidade de dano da praga devido à existência de insetos mais adaptados a determinadas espécies vegetais (PASHLEY et al., 1992).

Neste estudo, as espécies utilizadas são originárias de regiões onde existe o intenso cultivo de soja e milho, o que pode influenciar na adaptação dessas espécies nos diferentes hospedeiros devido à pressão exercida por eles sobre as pragas. Entretanto, aspectos relacionados à existência de biótipos mais adaptados não foram foco desta pesquisa. Estudos relatando esta condição (existência de biótipos) devem ser conduzidos para comprovar a possibilidade da existência desses biótipos também para outras espécies do complexo *Spodoptera*.

Na paisagem agrícola, muitas vezes predomina o plantio de milho, soja e algodão, principalmente no cerrado, aliado a cultivos adicionais, em períodos mais favoráveis, de sorgo, milheto, aveia, feijão, entre outros cultivos. Existe ainda a introdução de cultivares de milho, algodão e soja transgênicos (Bts), expressando proteínas tóxicas do *Bacillus*

thuringiensis contra o complexo *Spodoptera* e de cultivares de soja e de algodão transgênicos com resistência a herbicidas e a insetos. Todos esses fatores podem contribuir para uma significativa mudança na diversidade de espécies vegetais invasoras e na ampliação de patógenos e artrópodes associados às plantas cultivadas. Esses agentes de competição interespecífica (pragas, doenças, plantas invasoras) têm sido controlados com agrotóxicos, na maioria das vezes, de forma constante, e nem sempre com alta eficiência, sem o monitoramento das pragas. O surgimento de populações de insetos resistentes a essas condições pode trazer sérias implicações para o controle dessas pragas.

O complexo *Spodoptera*, de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, (Tabela 6.1) mostra que *S. frugiperda* é mais adaptada às gramíneas e que o plantio das culturas de verão, como soja e algodão, pode atuar quebrando o ciclo biológico da espécie. Desta forma a praga pode se alimentar de hospedeiros não preferenciais, porém, em longos períodos de alimentação, a deficiência de nutrientes fornecidos por esses hospedeiros a estas pragas acaba por reduzir sua população. O mesmo ocorre para *S. eridania* e *S. cosmioides*, porém, estas pragas estão mais associadas à soja e algodão. As demais culturas (aveia, trigo e milho) podem colaborar para redução de infestação dessas pragas, visto a baixa sobrevivência nesses hospedeiros. A alternância entre as espécies vegetais cultivadas ao longo do ano, entre culturas de verão e inverno, pode favorecer o manejo desses insetos, de forma a reduzir sua infestação para plantios futuros em determinadas áreas. Assim, as lavouras devem ser planejadas baseadas, principalmente, além das condições climáticas, na biologia e comportamento deste complexo de pragas.

Como *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* se tratam de pragas com ocorrência relativamente recente em algumas culturas, estudos que correlacionem os prejuízos causados pela falta de conhecimentos básicos para o manejo como a flutuação populacional, planos de amostragens e nível de controle são de grande importância para estabelecer estratégias para o manejo integrado.

Tabela 6.1 – Duração do período larva-adulto (dias) e sobrevivência (%) de *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera eridania* e *Spodoptera cosmioides* em diferentes hospedeiros.

Tratamento	Duração		
	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. eridania</i>	<i>S. cosmioides</i>
	Larva-adulto (dias)		
Soja	26,18 ± 0,46 b*	36,33 ± 2,46 ^{ns}	33,51 ± 0,88 c*
Algodão	29,37 ± 0,50 a	33,55 ± 1,49	35,19 ± 0,92 bc
Aveia	21,99 ± 0,27 de	33,45 ± 1,05	39,61 ± 0,52 ab
Dieta Artificial**	24,69 ± 0,31 c	32,95 ± 1,71	38,03 ± 1,17 ab
Milho***	23,38 ± 0,17 cd	-	42,30 ± 0,00 a
Trigo***	21,41 ± 0,15 e	-	-
	Sobrevivência (%)		
Soja	88,06 ± 4,39 ^{ns}	45,46 ± 6,61 a	76,67 ± 7,60 a
Algodão	79,40 ± 5,35	40,00 ± 13,17 a	78,33 ± 3,07 a
Aveia	81,48 ± 7,08	5,00 ± 3,42 c	40,00 ± 5,77 b
Dieta Artificial**	76,15 ± 6,23	21,67 ± 1,67 b	45,00 ± 7,19 b
Milho	85,64 ± 5,99	-	1,67 ± 1,67 c
Trigo	72,92 ± 7,51	-	0,00 ± 0,00 c

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

^{ns} Não significativo. **Greene et al. (1976). ***Não houve sobreviventes.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, A. A.; TUZUN, S.; BENT, E. **Induced plant defenses against pathogens and herbivores**. St. Paul: APS Press, 1999. v. 1.
- ALI, A.; LUTTRELL, R. G. Survival of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuide) immatures on cotton. **Flórida Entomologist**, v.73, p.459-465, 1990.
- ALMEIDA, A.M.R.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; TORRES, E.; FARIAS, J.R.B.; BENATO, L.C.; PINTO, M.C.; VALENTIN, N. Progress of soybean charcoal rot under tillage and no-tillage systems in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, p.131-135, 2003.
- ALMEIDA, R.P.; SILVA, C.A.D.; RAMALHO, F.S. Manejo integrado de pragas do algodoeiro no Brasil. In: BELTRÃO, NEM.; AZEVEDO, DMP (Ed.). **O Agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA. 2008. p.1033-1098.
- ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. de C.; BACCHI, M. R. P. Produção e exportação de algodão: efeitos de choques de oferta e de demanda. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 381-405, 2008.
- AMARAL, J. A. B. do; SILVA, M. T. Zoneamento agrícola de algodão herbáceo no Nordeste Brasileiro Safra 2006/2007 - Estado da Paraíba. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 11 p. (Comunicado Técnico 301).
- ANGULO, A.O.; T.G. WEIGERT. **Estados Inmaduros de Lepidópteros Nóctuidos de Importância Económica en Chile y Claves para su Determinación (Lepidoptera: Noctuidae)**. Concepción, Sociedad de Biología de Concepción, 1975. (Publicación Especial, nº 2).
- ANTUNES, C.S. **Efeito do silício sobre as lagartas-chave e seus inimigos naturais em milho e girassol**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFPA, Lavras, 2009.
- APPLE, J.L. The theory of disease management. In: HORSFALL, J.G.; COWLING, E.B. (Ed.). **Plant disease an advanced treatise: how disease is managed**. New York: Academic Press, 1977. p. 79-101.
- AWMACK, C. S.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, p. 817-44, 2002.
- BALL, O.J.P; COUDRON T.A; TAPPER, B. A; DAVIES, E; TRENTLY, D; BUSH, L. P; GWINN, K. D; POPAY, A. J. **Importance of Host Plant Species, Neotyphodium Endophyte Isolate, and Alkaloids on Feeding by Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae**. Journal of Economic Entomology, 99, p.1462-1473, 2006.
- BARROS, E. M. **História de vida de Spodoptera frugiperda (J.E. SMITH) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros**. 2009. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R.; OLIVEIRA, M. D Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia experimentalis et applicata**, Dordrecht, v. 137, p. 237-245, 2010.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Biologia e Exigências Térmicas de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 1, p.49-54, 2002.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; FORETSI, J.; RINGENBERG, R. Efeito de fontes de carboidratos sobre o desempenho reprodutivo de *Spodoptera cosmioides* (Walk., 1858) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 3, n. 7, p.177-180, 2001.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; RINGENBERG, R.; FORESTI, J. Adequação de uma dieta artificial para a criação de *Spodoptera cosmioides*(Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 155-161, 2004.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; RINGENBERG, R.; FORESTI, J. Biologia comparada de *Spodoptera cosmioides*(Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamão, soja e feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 6, n. 33, p. 993- 998, 2003.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; RINGENBERG, R.; FORESTI, J. Adequação de uma dieta artificial para a criação de *Spodoptera cosmioides*(Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 155-161, 2004.
- BELL, J.R.; BOHAN, D.A.; SHAW, E.M.; WEYMAN, G.S. Ballooning dispersal using silk: world fauna, phylogenies, genetics and models. **Bulletin of entomological research**, Farnham Royal, v. 95, p. 69-114, 2005.
- BERENBAUM, M; NEAL, J.J. Synergism between myrysticin and xanthotoxin, a naturally co-occurring plant toxicant. **Journal of chemical ecology**, New York, v.11, p.134-1358, 1985.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996.
- BERTELS, A.; BAUCKE, O. Segunda relação das pragas das plantas cultivadas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 1, p. 17-46, 1966.
- BOREGASK, G; MENDES, S. M; WAQUIL, J. M; FERNANDES, G. W. Estágio de adaptação de *Spodoptera frugiperda*(J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.1, Jan./Mar., 2013
- BORTOLI, S. A.; MURATA, A. T.; VACARI, A. M.; BORTOLI, C. P.; RAMALHO, D. G. Herbivoria em soja: efeito na composição química das folhas e na biologia da lagarta da soja e do percevejo verde pequeno. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 3, p. 192-198, 2012.
- BOTTON, M.; CARBONARI, J. J.; GARCIA, M. S.; MARTINS, J. F. S. Preferência alimentar e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em arroz

e capim-arroz. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 207-212, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio : Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. Brasília: Mapa/ACS, 2013.

BRUCE, T. J. A.; WADHAMS, L. J.; WOODCOCK, C. M. Insect host location: a volatile situation. **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 10, n. 6, p. 269-274, 2005.

BUENO, A.F.; PAULA-MORAES, S.V.; GAZZONI, D.L.; POMARI, A.F. Economic thresholds in soybean-integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.42, n. 2013, p. 439-447, 2013.

BUENO, R. C. O. F.; CARNEIRO, T. R.; BUENO, A. F.; PRATISSOLI, D.; FERNANDES, O. A.; VIEIRA, S. S. Parasitism capacity of *telenomus remus nixon* (Hymenoptera: Scelionidae) on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera:Noctuidae) Eggs. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 53, p. 133-139, 2010.

BUENO, R.C.O.F.; BUENO A. de F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J.R.; HOFFMANN-CAMPO, CB. Lepidopteran larvae consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, Sussex, v.67, n.2, p.170-174, 2011.

BURR, I. W.; FOSTER, L. A. **A test for equality of variances**. West Lafayette: University of Purdue, 1972. (Mimeo Series, 282).

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; MARTINS, A. F. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) originária de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, das culturas do milho e do arroz irrigado. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, p. 525-529, 2002.

BUSATO, G.R.; GRUTZMACHER, A.D.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; ZIMMER, P.D.; KOPP, M.M.; BANDEIRA, J.D.M.; MAGALHAES, T.R. Analysis of the molecular structure and diversity of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Ssmith) (Lepidoptera: Noctuidae) populations associated to the corn and rice crops in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Neotropical Entomology**. Londrina, v. 33, p. 709-716, 2004.

BUZATTI, W. J. **Algodão safra, programado e safrinha**. 2012. Disponível em: <<http://visaodocampo.wordpress.com/2012/03/31/395/>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

CABEZAS, M. F.; NAVA, D. E.; GEISSLER, L. O.; MELO, M.; GARCIA, M. S.; KRÜGER, R. Development and leaf consumption by *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) reared on leaves of agroenergy crops. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 42, n. 6, p. 588-594, 2013.

CARNEVALLI, P.C.; FLORCOVSKI, J.L. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.) sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797). **Ecossistema**, Pinhal, v. 20, p.41-49, 1995.

CARVALHO, M. R. B. de; KIRSCHNIK, P. G.; PAIVA, K. C.; AIURA, F. S. Avaliação da atividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 267-272, 2002.

CHOCOROSQUI, V.R. **Bioecologia de *Dichelops (Diceraeus) melacanthus (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae)*, danos e controle em soja, milho e trigo no Norte do Paraná**. 2001. 158 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CLARK, P. L. MOLINA-OCHOA, J. MARTINELLI, S. SKODA, S. R. ISENHOUR, D. J. LEE, D. J. KRUMM, J. T.; FOSTER, J. E. Population variation of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in the Western Hemisphere. **Journal of Insect Science**, Tucson, v. 7, n. 5, 2007.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Safra 2012/2013. Decimo primeiro levantamento. Ago. 2013. Brasília. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_10_43_44_boletim_portuges_agosto_2013_port.pdf>. Acesso em: ago. 2013.

CORBET, S.A. Insect chemosensory responses: a chemical legacy hypothesis. **Ecological entomology**, London, v.10, p.143-153, 1985.

CORTEZ, M G R.; WAQUIL, J. M. Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento do sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 26, p. 407-410, 1997.

CRÓCOMO, W.B.; PARRA, J.R.P. Consumo e utilização de milho, trigo e sorgo por *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 29, p. 225-260, 1985.

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

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C. Estudos preliminares do parasitóide *Telenomus* sp. Nixon sobre ovos de *Spodoptera frugiperda*. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993**. Sete Lagoas, v. 6, p. 104-105, 1994.

CRUZ, I.; MONTEIRO, M.A.R. **Controle biológico da lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos de *Trichogramma pretiosum***. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. (Comunicado Técnico 114).

CRUZ, I.; TURPIN, F.T. Yield impact of larval infestation of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) to mid-whorl growth stage of corn. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.76, n.5, p.1052-1054, 1983.

CRUZ, I.; VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M. Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999. 39p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 31).

CRUZ, M. S. Desempenho da cotonicultura brasileira pós-abertura econômica. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 39, n. 2, abr./jun. 2008. Disponível em:

<http://www.bnb.gov.br/projwebren/exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=1084>. Acesso em: 10 jan. 2014.

CTNBio. **Parecer técnico conclusivo consolidado e final para liberação comercial**. 2011. Disponível em:<www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0001/1543.doc>. Acesso em: 16 jul. 2013.

CZEPAK, C.; VIVAN, L. M.; ALBERNAZ, K. C. Praga da vez. **Cultivar**: grandes culturas, Pelotas, ano 15, n. 167, p. 20-27, abr. 2013.

DAMMAN, H. ; FEENEY, P. Mechanisms and consequences of selective oviposition by the zebra swallowtail butterfly. **Animal Behavior**, Washington, v. 36, p. 563–573, 1988.

DODDS, K. A.; CLANCY, K. M.; LEYVA, K. L.; GREENBERG, D.; PRICE, P. W. Effects of Douglas-fir foliage age class on Western spruce budworm oviposition choice and larval performance. **Great Basin Naturalist**, Provo, v. 56, n. 2, p. 135-141, 1996.

ELSER, J.J.; FAGAN, W. F.; DENNO, R. F.; DOBBERFUHL, D. R.; FOLARIN, A.; HUBERTY, A.; INTERLANDI, S.; KILHAM, S. S.; MCCAULEY, E.; SCHULZ, K. L.; SIEMANN, E. H.; STERNER, R. W. Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs. **Nature**, London, v. 30, n. 408, p. 578-580, 2000.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agricultura**. Disponível em:<<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 21 jul. 2013.

EMBRAPA. **II Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale**. Passo Fundo: Embrapa, 2008.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Economic Research Service. **Data products**. Washington, 2002. Disponível em:<<http://http://naldc.nal.usda.gov/download/48661/PDF>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

FERNANDES, O. A.; CORREIA, A. C. B.; BORTOLI, S. A. **Manejo integrado de pragas e nematoides**. Jaboticabal: Funep, 1992. v. 2.

FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1693-1698, 2006.

FONSECA, F. L. da. **Ocorrência, monitoramento, caracterização de danos e parasitismo de Noctuidae e Geometridae em pomares comerciais de macieira em Vacaria, RS, Brasil**. 2006. 97f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FRAGOSO, D. B.; SILVA, R. Z. Na soja. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 94, p. 20-22, 2007.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E.. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52p. (Documentos / Embrapa Soja, n.327).

GALLO, D.; NAKANO, S.S.; CARVALHO NETO, R.P.L.; BATISTA, G.C. E.B.; PARRA FILHO, 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.

- GAZZONI, D.L. Desafios sanitários associados à globalização de mercados. **Biológico**, São Paulo, v.63, n.1/2, p.21-23, jan./dez., 2001.
- GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B.; CORSO, I. C.; CORRÊA- FERREIRA, B. S.; VILLAS BOAS, G. L.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R. **Manejo de pragas da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1981. (Circular técnica, 5).
- GAZZONI, D.L. **Manejo de pragas da soja: uma abordagem histórica**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. (EMBRAPACNPSo. Documentos, 78).
- GEORGHIOU, G. P. Management of resistance in Arthropods. In: GEORGHIOU, G. P.; SAITO, T. (Ed.). *Pest resistance to pesticides*. New York: Plenum Press, 1983. p.769-792.
- GIOLO, F. P.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; BUSATO, G. R. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 3, p. 219-224, 2002.
- GOLIZADEH, A. KAMALI, K. FATHIPOUR, Y.; ABBASIPOUR, H. Life table of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) on five cultivated brassicaceous host plants. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 11, p. 115-124, 2009.
- GREENE, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKERSON, W.A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.
- GRIPENBERG S, MAYHEW P J, PARNELL M K, ROSLIM T (2010) A meta-analysis of preference-performance relationships in phytophagous insects. **Ecology letters**, Oxford, 13: 383-393.
- GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo**. 2.ed. Passo Fundo: Embrapa-CNPQ, 1996. (EmbrapaCNPQ. Documentos, 27).
- HABIB, M.E.M.; PALEARI, L.M.; AMARAL, M.E.C. Effect of three larval diets on the development of the armyworm, *Spodoptera latifascia* Walk., 1856 (Noctuidae, Lepidoptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v.1, n.3, p.177-182, 1983.
- HAUGAASEN, T. A Lepidopteran Defoliator Attack on Brazil Nut Trees (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 41, p. 275-278, 2009.
- HEMATI, S. A.; NASERI, B.; GANBALANI, G. N.; DASTJERDI, H. R.; Golizadeh, A. Effect of different host plants on nutritional indices of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. **Journal of Insect Science**, Tucson, v. 12, p. 55, 2012.
- HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, P.; FERRÉ, J.; ESCRICHE, B. Amplo espectro de resistência cruzada em *Spodoptera exigua* da seleção com uma proteína Cry marginalmente tóxicos. **Pest management science**, Sussex, v. 65, p. 645-650, 2009.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA- FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

- HOFFMANN-CAMPO, C.B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; OLIVEIRA, L.J.; SOSAGOMEZ, D.R.; PANIZZI, A.R.; CORSO, I.C.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B. de. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 30).
- ISHAAYA, I. Nutritional and allelochemic insect - plant interactions relating to digestion and food intake: some examples. In: MILLER, J.R.; MILLER, T. **A Insect - Plant Interactions**. New York: Springer-Verlog, 1986. p. 191-223.
- JONES, B. H.; BRINK, K. H.; DUGDALE, R. C.; STUART, D.W.; VAN, LEER, J.C.; BLASCO, D.; KELLY, J.C. Observations of a persistent upwelling center off point conception, California. In: SUESS, E.; THIEDE, J. (Ed). **Coastal upwelling**. New York: Plenum Press, 1981. p. 37-60.
- KARBAN, R. Plant variation: its effects on populations of herbivorous insects. In: FRITZ, S.; SIMMS, E. L. **Plant resistance to herbivores and pathogens: ecology, evolution, and genetics**. Chicago: The University of Chicago Press, 1992. p. 195-215.
- KARBAN, R.; COURTNEY, S. Intraspecific host plant choice: lack of consequences for *Streptanthus tortuosus* (Cruciferae) and *Euchloe hyantis* (Lepidoptera: Pieridae). **Oikos**, Copenhagen, v.48, p. 243-248, 1987.
- KAROWE, D. N.; MARTIN, M. M. The effects of quantity and quality of diet nitrogen on the growth, efficiency of food utilization, nitrogen budget, and metabolic rate of fifth-instar *Spodoptera eridania* larvae (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 35, p. 699-708, 1989.
- KERPEL, S. M.; SOPRANO, E.; MOREIRA, G. R. P. Effect of nitrogen on *Passiflora suberosa* L. (Passifloraceae) and consequences for larval performance and oviposition in *Heliconius erato phyllis* (Fabricius) (Lepidoptera: Nymphalidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 192-200, 2006.
- KIANPOUR, R.; FATHIPOUR, Y.; KARIMZADEH, J.; HOSSEININAVEH, V. Influence of different host plant cultivars on nutritional indices of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Crop Protection**, Guildford, v. 3, n. 1, p. 43-49, 2014.
- KICHEL A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Uso da aveia como planta forrageira**. Campo Grande: Embrapa gado de corte, 2000. (Divulga, n. 45).
- KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. **The invertebrate pests of annual food crops in Central America**. London: Overseas Development Administration, 1984.
- KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 43, p. 243-270, 1998.
- LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991.
- LAWTON, J.H. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 28, p. 23-39, 1983.

LEAL, T. A. B. S.; ZUCOLOTO, F. S. Selection of artificial hosts for oviposition by wild *anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae): influence of adult food and effect of experience. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 52, n. 3, p. 467-471, 2008.

LIMA, C.G.R.; CARVALHO, M.P.; MELLO, L.M.M.; LIMA, R.C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista brasileira de ciência do solo**, Campinas, v.31, n.6, p.1233-1244, Nov./dez. 2007.

LINCOLN, D. E.; FAJER, E. D.; JOHNSON, R. H. Plant insect herbivore interactions in elevated CO2 environments. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 8, p. 64-68, 1993.

LOURENÇO, J. C.; LIMA, C. E. B. de.; ESCOREL, D. C. da R.; CRUZ, E. Cristina D. da. Produção do Algodão: uma Descrição das Práticas Agroecológicas Adotadas no Assentamento Queimadas no Município Remígio-PB. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 3893- 896, nov. 2009.

LUGINBILL, P. **The fall army worm**. Washington: United States Department of Agriculture, 1928. (Technical bulletin, 34).

LUTTRELL, R. G.; MINK, J. S. Damage to cotton fruiting structures by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuide). **Journal of Cotton Science**, Cordova, Tennessee, v. 3, p. 35-44, 1999.

MACHADO, V. O. F.; FERREIRA, G. A.; ROSA, S. R. A.; GARCIA, A. E.; PINHEIRO, J. B.; VELOSO, V. R. S. Aspectos biológicos de anticarsia gemmatalis hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de soja (*Glycine max* Merrill). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 29, n. 1, p. 39-41, 1999.

MACRAE, T.C.; BAUR, M.E.; BOETHEL, D.J.; FITZPATRICK, B.J.; GAO, A.G.; GAMUNDI, J.C.; HARRISON, L.A.; KABUYE, V.T.; MCPHERSON, R.M.; MIKLOS, J.A.; PARADISE, M.S.; TOEDEBUSCH, A.S.; VIEGAS, A. Laboratory and field evaluations of transgenic soybean exhibiting high-dose expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis cry1A* gene for control of Lepidoptera. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.98, n.2, p.577-587, 2005.

MAI, M. E. M. et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [online]. v.38, n.1, p. 125-131, 2003.

MARINI, N.; TUNES, L.M.; SILVA, J.I.; MORAES, D.M.; CANTOS, F.A.A. Efeito do fungicida Carboxim Tiram na qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p.17-22, 2011.

MATTANA, A. L.; FOERSTER, L. A. Ciclo de vida de *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae) em um novo hospedeiro, Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) (Leguminosae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 173-183, 1988.

MATTHEWS, R. W. ; MATTHEWS, J. R. **Insect behavior**. New York: John Wiley & Sons, 1978.

MATTSON, W. J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 119-161, 1980.

MEIRELLES, M. L.; FARIAS, S. E. M.; GUERRA, A. F.; FRANCO, A. C. **Evapotranspiração em plantio de milho no cerrado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2003.

MELO, M.; SILVA, R. F. P. Influência de três cultivares de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 37-49, 1987.

MENDES, S.M.; BOREGAS, K.G.B.; LOPES, M.E.; WAQUIL, M.S.; WAQUIL, J.M. Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina 1 A. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 239-244, 2011.

MIRANDA, J. E.; BARBOSA, K. A.; COUTO, A. F.; FERNANDES, J. I. Flutuação populacional e necessidade de controle químico de pragas em algodoeiro transgênico BT1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2007. p.177-179.

MIRANDA, M. M. M.; PICANÇO, M. C.; ZANUNCIO, J. C.; BACCI, L.; SILVA, E. M. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 204-208, 2005.

MONTEIRO, Márcia Regina Pereira; COSTA, Neuza Maria Brunoro; OLIVEIRA, Maria Goreti de Almeida; PIRES, Christiano Vieira; MOREIRA, Maurílio Alves. Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência do Inibidor de Tripsina Kunitz e das isoenzimas Lipoxigenases. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 195-205, 2004.

MOREIRA, H.J.C.; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas da soja**. Campinas: FMC, 2009.

MORSE, S.; BUHLER, W. **Integrated pest management: ideals and realities in developing countries**. London: Lynne Rienner Publishers, 1997.

MOSCARDI, F.; BUENO, A.F.; SOSA-GOMEZ, D.R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; POMARI, A.F.; CORSO, I.C.; YANO, S.A.C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Embrapa, Brasília, 2012. p. 211-334.

MURTHY, K.S.R.K.; REDDY, A.R.; KAVURI, Y. Testing of *Jatropha curcas* seed oil on *Spodoptera litura* (Fab) for insecticidal properties. **Pestology**, v. 31, p.13-15, 2007.

MURÚA, G.; VIRLA, E. Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith)(Lep.: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina). **Acta Zoológica Mexicana**, Mexico, v. 20, n. 1, p. 199-210, 2004.

NABITY, P. D.; ZANGERL, A. R.; BERENBAUM, M. R.; DELUCIA, E. H. Bioenergy Crops *Miscanthus × giganteus* and *Panicum virgatum* Reduce Growth and Survivorship of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.104, n. 2, p. 459-464, 2011.

- NAGOSHI, R.N. Can the amount of corn acreage predict fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation levels in nearby cotton? **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.102, n.1, p.210- 218, 2009.
- NATION, J. L. **Insect Physiology and Biochemistry**. Boca Raton: CRC Press, 2002.
- NORA, I.; REIS FILHO, W.; STUKER, H. Danos de lagartas em frutos e folhas de macieira: mudanças no agroecossistema ocasionam o surgimento de insetos indesejados nos pomares. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 2, p. 54-55, 1989.
- NORRIS, R.F; KOGAN, M. Ecology of interactions between weeds and arthropods. **Annual Review Entomology**, Stanford, v. 50, p.479-503, jan. 2005.
- NYLIN, S.; JANZ, N. Oviposition preference and larval performance in *Polytonia c-album* (Lepidoptera: Nymphalidae): the choice between bad and worse. **Ecological Entomology**, London, v. 18, p. 394-398, 1993.
- O'BRIEN, N. M.; O'CONNOR, T. P. Lipids: nutritional significance. In: **ENCYCLOPEDIA OF DAIRY SCIENCES**. USA: Academic Press, 2002. v. 3. p. 1622-1626.
- PANIZZI, A. R. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 42, p. 99-122, 1997.
- PANIZZI, A. R. Importância histórica e perspectivas do Manejo Integrado de Pragas (MIP) em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. p. 121-126.
- PANIZZI, A.R.; PARRA, J. R.P (Ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo integrado de pragas**. São Paulo: Manole, 1991.
- PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. A bioecologia e nutrição de insetos como base para o manejo integrado de pragas. In: _____. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa/CNPq, 2009. p.1107-1140.
- PAPA, Geraldo; ROTUNDO, Maurício. 2010. **Hospedeiros Alternativos da lagarta-militar**. Disponível em: <http://www.ilhasolteira.com.br/colunas/index.php?acao=verartigo&idartigo=1267216614>>. Acesso em: 2014.
- PARRA, J. R.P. Consumo e utilização de alimento por insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J. R.P. (Ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo integrado de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. p. 9-65.
- PARRA, J. R.P. Criação de insetos para estudos com patógenos. In: ALVES, S. B. (Coord.). **Controle Microbiano de Insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- PARRA, J.R.P. **Biologia dos Insetos**. Piracicaba: ESALQ, 1979.
- PASTRANA, J. A. **Los lepidópteros argentinos**: sus plantas hospedadoras y otros sustratos alimenticios. Buenos Aires: Sociedad Entomológica Argentina, 2004.
- PEDIGO, L.P. **Entomology and pest management**. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.

- PICANÇO, M. C.; MARQUINI, F.; GALVAN, T. L. Manejo de pragas em cultivos irrigados sob pivô central. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2001. p. 427-480.
- PIUBELLI, G. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; MIYAKUBO, S. H.; OLIVEIRA, M. C. N. Are chemical compounds important for soybean resistance to *Anticarsia gemmatalis*? **Journal of chemical ecology**, New York, v. 31, p. 1509-1525, 2005.
- POGUE, G. M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society**, Philadelphia, v. 43, p. 1-202, 2002.
- POOLE, R. W. **Lepidopterous Catalogus Noctuidae**. Leiden: E.J. Brill, Flora ;Fauna Publications, 1989. pt 2. (New Series, Fascicle 118).
- PRAÇA, L.B.; SILVA NETO, S.P.; MONNERAT, R.G. **Spodoptera frugiperda J.Smith 1797 (Lepidoptera:Noctuidae) Biologia, amostragem e métodos de controle**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.
- PROWELL, D.P.; MCMICHAEL, M.; SILVAIN, J.F. Multilocus genetic analysis of host use, introgression, and speciation in host strains of fall armworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America**, Philadelphia, v. 97, p. 1034-1044, 2004.
- QUINTELA, E. D.; TEIXEIRA, S. M.; FERREIRA, S. B.; GUIMARÃES, W. F. F.; OLIVEIRA, L. F. C.; CZEPAK, C. Desafios do manejo integrado de pragas da soja em grandes propriedades no Brasil central. **Comunicado Técnico**, Santo Antônio de Goiás, n. 149, p. 1-6, 2007.
- RAUBENHEIMER, D. Tannic acid, protein, and digestible carbohydrate: dietary imbalance and nutritional compensation in locusts. **Ecology**, Davis, v. 73, n. 3, p. 1012-1027, 1992.
- RAUBENHEIMER, D.; SIMPSON S.J.. Analysis of covariance: an alternative to nutritional indices. **Entomologia experimentalis et applicata**, Dordrecht, v. 62, p. 221-231, 1992.
- REIS, E. M.; FORCELINI, C. A.; REIS, A. C. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. Florianópolis: Insular, 2007.
- RENWICH, J. A. A. Nonpreference mechanisms: plants characteristics influencing insect behavior. In: P. A Hedin (ed.). **Plant resistance to insects**. Washington: American Chemical Society, 1983. p. 199-213.
- REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2., 2008, Passo Fundo. **Informações técnicas para a safra 2013: trigo e triticale**. Passo Fundo: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale: Embrapa Trigo: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2013.
- REYNOLDS, S.E.; YEOMANS, M.R.; TIMMINS, W.A. The feeding behaviour of caterpillars (*Manduca sexta*) on tobacco and on artificial diet. **Physiological Entomology**, Oxford, v.11, n.1, p 39-51, mar. 1986.
- RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; AMÁBILE, R. F.; FERRAZ, D. M. M.; CARVALHO, A. M.; CARVALHO, J. G.; ALBRECHT, J. C.; SÓ E SILVA, M.; GUERRA,

A. F. Efeito da fertirrigação nitrogenada no rendimento de grãos de genótipos de trigo, no cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Passo Fundo, n. 50, 2007. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp50.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2013.

RICHETTI, A.; ARAÚJO, A. E.; MORELLO, C. L.; SILVA, C. A. D.; LAZAROTTO, C.; AZEVEDO, D. M. P.; FREIRE, E. C.; ARANTES, E. M.; LAMAS, F. M.; RAMALHO, F. S.; ANDRADE, F. P.; MELO FILHO, G. A.; FERREIRA, G. B.; SANTANA, J. C. F.; AMARAL, J. A. B.; MEDEIROS, J. C.; BEZERRA, J. R. C.; PEREIRA, J. R.; SILVA, K. L.; STAUT, L. A.; SILVA, L. C.; CHITARRA, L. G.; BARROS, M. A. L.; CARVALHO, M. C. S.; LUZ, M. J. S.; BELTRÃO, N. E. M.; SUASSUNA, N. D.; SILVA, O. R. R. F.; FERREIRA, P. F.; SANTOS, R. F.; FONSÊCA, R. G. Cultura do algodão no cerrado. **Sistemas de Produção**, v. 2, jan. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/#topo>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

RINGNBERG, R. Biologia comparada de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamão, soja e feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 6, n. 33, p. 993-998, 2003.

ROJAS, J. C.; VIRGEN, A.; CRUZ-LOPEZ, L. Chemical and tactile cues influencing oviposition of a generalist moth, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 32, p. 1386-1392, 2003.

ROUSH, R. T. Designing resistance management programs: how can you choose? **Pesticide Science**, Oxford, v.26, p.423-441, 1989.

SA, V. G. M. de; FONSECA, B. V. C.; BOREGAS, K. G. B.; WAQUIL, J. M. Sobrevivência e desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Neotropical Entomology**, Londrina, [online]. v. 38, n.1, 2009.

SALVADORI, J.R.; RUMIATTO, M. **Observações sobre a biologia de *Spodoptera frugiperda*** (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em trigo. Dourados: Embrapa-UEPAE, 1982. (Comunicado Técnico, 8).

SAMRAJ, D.A.; DAVID, B.V. Life table studies on the spotted bollworm, *Earias vittella* (Fabricious) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton ecosystem. **Journal of the Bombay Natural History Society**, Bombay, v. 85, p. 637-641, 1988.

SANTOS, G.P.; COSENZA, G.W.; ALBINO, J.C. Biologia de *Spodoptera latifascia* (Walker, 1856) (Lepidoptera: Noctuidae) sobre Folhas de eucalipto. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 153-155, 1980.

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

SANTOS, K.B.; MENEGUIM, A.M.; NEVES, P.M.O.J. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) EM Diferentes hospedeiros. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 903-910, 2005.

- SANTOS, W. J. Manejo integrado de pragas da cultura do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 134-179.
- SANTOS, W. J.; SANTOS, K. B.; SANTOS, R. B. Ocorrência, descrição e hábitos de *Spodoptera* spp. em algodoeiro no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia [Cd-Rom]. **Anais...** Goiânia, 2003.
- SARFRAZ, M.L.; DOSDALL, L.M.; KEDDIE, B.A. Resistance of some cultivated Brassicaceae to infestations by *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.100, n.1, p.215-224, 2007.
- SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. S.; AGUIAR, R. A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G.; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's guide. Version 9.2. Cary, 2009.
- SCHALLER, A. Induced plant resistance to herbivory. In: BERNARDS, M.A; BASTRUP-SPOHR, L. **Phenylpropanoid metabolism induced by wounding and insect herbivory**. New York: Springer, 2008. p.189-208.
- SCHOONHOVEN, L. M.; JERMY, T.; VAN LOON, J. A. A. Insect-plant biology. In: _____. **Physiology of evolution**. London: Chapman & Hall, 1998.
- SCOTT, J. A. The molecular genetics of resistance: resistance as a response to stress. **The Florida Entomologist**, Gainesville, v. 78, p. 399-414, 1995.
- SCOTT, J. C. Investigating mechanisms of insecticide resistance: methods, strategies, and pitfalls. In: ROUSH, R. T.; TABASHNIK, B. E. (Ed.). **Pesticide resistance in arthropods**. New York: Chapman and Hall, 1990. p. 39-57.
- SCRIBER, J. M.; SLANSKY JR, F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 26, p. 183-211, 1981.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, London, v. 52, p. 591-611, 1965.
- SHARMA, H. C.; AGARWAL, R. A.; SINGH, M. Effect of some antibiotic compounds in cotton on post-embryonic development of spotted bollworm (*Earias vittella* F.) and the mechanism of resistance in *Gossypium arboreum*. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences: Animal Sciences**, v. 91, p. 67- 77, 1982.
- SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. M.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil seus parasitos e predadores: insetos, hospedeiros e inimigos naturais**. Parte 2. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968.
- SILVA, G. J. **Desenvolvimento de plantas de soja, milho, algodão e *Brachiaria brizantha*, submetidas a quatro graus de compactação de um latossolo vermelho-escuro distrófico**. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, E. Identificação dos níveis e fontes de resistência aos enfezamentos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n. 3, p. 18-29. 2002.

SILVEIRA, L. C. P. J. D.; VENDRAMIN, C. J.; ROSSETTO, E. Efeitos de genótipos de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 291-298, 1997.

SIMPSON, S. J. Regulation of a meal: chewing insects. In: CHAPMAN, R. F.; BOER, G. (Ed.). **Regulatory mechanisms of insect feeding**. New York: Chapman & Hall, 1995. p. 137-56.

SINGER, M. C. Butterfly-host plant relationships: host quality, adult choice and larval success. In: VANE-WRIGHT, R.; ACKERY, P. R. (Ed.). **The biology of butterflies**. New York: Academic Press, 1984. p. 81-88.

SINGER, M. C. Determinants of multiple host use by a phytophagous insect population. **Evolution**, Lancaster, v. 37, n. 2, p. 389-403, 1983.

SINGER, M. C. Quantification of host preference by manipulation of oviposition behavior in the butterfly, *Euphydryas editha*. **Oecologia**, Berlin, v. 52, p. 224-29, 1982.

SINGER, M. C. The definition and measurement of oviposition preference in plantfeeding insects. In: MILLER, J. R.; MILLER, F. A. (Ed.). **Insect-plant interactions**. New York: Springer-Verlag, 1986. p. 66-94.

SINGER, M. C.; THOMAS, C. D.; BILLINGTON, H. L.; PARMESAN, C. Correlates of speed of evolution of host preference in a set of twelve populations of the butterfly *Euphydryas editha*. **Ecoscience**, Sainte-Foy, v. 1, p. 107-114, 1994.

SINGH, H. G.; MATHUR, R. K.; YADAVA, H. M. A study of the thickness of green mature bolls in relation to the incidence of pink bollworm (*Pectinophora gossypiella* Saund.). **Indian Cotton Journal**, Chennai, v. 19, p. 253-255, 1965.

SLANSKY JR, F.; RODRIGUES, J. G. **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates**. New York: John Wiley and Sons, 1987.

SMITH, C. M. Antibiosis: adverse effects of resistance on arthropod biology. In: _____. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 65-99.

SNOW, J. W.; COPELAND, W. W. Fall armyworm: use of virgin female traps to detect males and determine seasonal distribution. **USDA Production Research Report**, Washington, v. 110, p. 1-9, 1969.

SOO HOO, C. F.; FRAENKEL, G. The selection of food plants in a polyphagous insect, *Prodenia eridania* (Cramer). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 12, n. 6, p. 693-709, 1966.

SPARKS, A. N. A review of the biology of the fall armyworm. **The Florida Entomologist**, Gainesville, v. 62, n. 2, p. 83-87, 1979.

SPECHT, A.; SILVA, E.; LINK, D. Noctuídeos (Lepidoptera, Noctuidae) do museu entomológico CeslauBiezanko. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 4, n. 10, p. 389-409, 2004.

STIMAC, J. L. History and relevance of behavioral ecology in models of insects population dynamics. **The Florida Entomologist**, Gainesville, v. 65, p. 9-16, 1982.

STIPANOVIC, R. D.; LOPEZ-JUNIOR, J. D.; DOWD, M. K.; PUCKHABER, L. S.; DUKE, S. E. Effect of racemic and (+) and (-) gossypol on the survival and development of *Helicoverpa zea* larvae. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 32, n. 5, p. 959-968, 2006.

STOCKHOFF, B. A. Diet-switching by gypsy moth: effects on diet nitrogen history vs. switching on growth, consumption, and food utilization. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 64, p. 225-238, 1992.

STORER, N. P.; BABCOCK, J. M.; SCHLENZ, M.; MEADE, T.; THOMPSON, G. D.; BING, J. W.; HUCKABA, R. M. Discovery and characterization of field resistance to bt maize: *spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 103, n. 4, p. 1031-1038, 2010.

THOMPSON, J. N. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 47, p. 3-14, 1988.

THOMPSON, J. N.; PELLMYR, O. Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 36, p. 65-89, 1991.

THROOP, H. L.; LERDAU, M. L. Effects of nitrogen deposition on insect herbivory: implications for community and ecosystem processes. **Ecosystems**, New York, v. 7, p. 109-133, 2004.

TISDALE, R. A.; SAPPINGTON, T. W. Realized and potential fecundity, egg fertility, and longevity of laboratory-reared female beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) under different adult diet regimes. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 94, n. 3, p. 415-419, 2001.

TOMQUELSKI, G. V.; MARUYAMA, L. C. Em migração. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 117, p. 20-22, 2009.

USDA. United States Department of Agriculture. **Production, supply and distribution online**. 2010. Disponível em: <www.fas.usda.gov/psdonline>. Acesso em: 20 jan. 2013.

VELOSO, V. R. S.; NAKANO, O. Determinação do número de estruturas frutíferas do algodoeiro danificadas por lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em diferentes épocas de desenvolvimento da cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 117-126, 1983.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição de insetos. In: PANIZZU, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: EMBRAPA, 2009. p. 1055-1106.

WALDBAUER, G. P. The consumption and utilization of food by insects. **Advances in Insect Physiology**, San Diego, v. 5, p. 229-288, 1968.

WAQUIL, J. E.; VIANA, P. A.; LORDELLO, A. I. Controle da lagartado-cartucho em milho com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 163-166, 1982.

WIEST, A.; BARRETO, M. R. Evolução dos insetos-praga na cultura da soja no Mato Grosso. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 5, p. 84-87, 2012.

WILDNER, L. P.; DADALTO, G. G. Adubos verdes de inverno para o oeste catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 5, p. 3-6, 1992.

WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M. Registration of Mp705, Mp706 and Mp707 germplasm lines of maize. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 1217, 1984.

YOUSSEF, R. M.; MACDONALD, M. H.; BREWER, E. C. P.; BAUCHAN, G. R.; KIM, K. H.; MATTHEWS, B. F. Ectopic expression of AtPAD4 broadens resistance of soybean to soybean cyst and root-knot nematodes. **BMC Plant Biology**, London, v. 13, n. 1, 2013.

ZALUCKI, M. P.; CLARKE, A. R.; MALCOLM, S. B. Ecology and behavior of first instar larval lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, p. 361-93, 2002.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEAEQ, 1993.