

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RAFAEL EGÉA SANCHES

Avaliação da resistência de genótipos de milho pipoca à lagarta-do-
cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

Maringá
2014

RAFAEL EGÉA SANCHES

Avaliação da resistência de genótipos de milho pipoca à lagarta-do-
cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Agronomia do
Departamento de Agronomia, Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Estadual
de Maringá, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor em Agronomia
Área de concentração: Produção
Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Carlos
Alberto Scapim

Co-Orientador: Prof. Dr. Fernando
Alves de Albuquerque

Maringá
2014

FOLHA DE APROVAÇÃO

RAFAEL EGÉA SANCHES

Avaliação da resistência de genótipos de milho pipoca à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim
Universidade Estadual de Maringá (orientador)

Prof. Dr. Fernando Alves de Albuquerque
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Ronald José Barth Pinto
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Maria Claudia Colla Ruvolo Takasusuki
Universidade Estadual de Maringá

Dr. Adilson Ricken Schuelter
Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola, COODETEC

Aprovada em: 25 de fevereiro de 2014
Local de defesa: Auditório II PGA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Elvira, meu pai, Lorival, e especialmente a minha esposa, Patrícia, que me deram força e tiveram compreensão para que eu vencesse mais esta batalha.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus que me iluminou nesta caminhada e sempre me deu forças para continuar;

A minha esposa Patrícia que passou muitas noites de preocupação e de estudo juntamente comigo, me apoiando e incentivando com afinco;

A todos meus familiares, em especial minha irmã Carla e seu marido Márcio, que sempre torceram pelo meu sucesso;

Aos professores Carlos Alberto Scapim e Fernando Alves de Albuquerque pela orientação e co-orientação, além do auxílio, paciência e confiança;

Aos amigos da Pós-graduação pelo companheirismo neste período de estudo e pelos momentos de descontração;

A Náyra Cristiane de Souza Crubelati Mulati pela ajuda e atenção prestadas;

A todos que mesmo não sendo citados, tiveram participação em mais essa etapa;

Aos demais professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UEM;

Ao CNPq pela bolsa concedida;

Concluindo, a todos que tornaram possível a realização dessa tese, pois vitórias não são conquistadas individualmente.

Avaliação da resistência de genótipos de milho pipoca à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi encontrar e caracterizar fontes de resistência em milho pipoca em relação a *S. frugiperda*, que possam ser utilizadas no melhoramento genético. Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Entomologia da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá – UEM. O material vegetal utilizado foram folhas de quinze acessos de milho pipoca mantidos pelo programa de melhoramento genético da UEM e três testemunhas comerciais, IAC 125, BRS 1030 e Zapalote Chico. O ensaio desenvolveu-se em Delineamento Inteiramente Casualizado, e observaram-se: período larval, massa final de lagartas, massa total de lagartas, massa média de lagartas, viabilidade larval, período pupal, viabilidade pupal, massa de pupa, viabilidade de adultos, emergência de adultos deformados, proporção machos/fêmeas, número de ovos por fêmea, viabilidade de ovos, área e massa foliar ingerida. Após análise dos resultados conclui-se que os genótipos com maior potencial como fonte de resistência à lagarta-do-cartucho são BOZM 260, BRS 1030, PA 091, PARA 172 e UNB-2U C4.

Palavras-chave: antibiose; controle de pragas; *Zea mays*;

Resistance of popcorn maize genotypes to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

ABSTRACT

The objective of this study was to find and characterize sources of resistance in popcorn compared to *S. frugiperda*, which can be used in genetic breeding. The experiments were conducted in the laboratory of Entomology Iguatemi Experimental Farm at the State University of Maringá - UEM. The vegetal material were fifteen leafy popcorn maintained by the plant breeding program of the UEM and three commercial checks, IAC 125, BRS 1030 and Zapalote Chico. The test was developed in ICD, and observed: larval period, final weight of caterpillars, total mass of caterpillars, average weight of caterpillars, larval viability, pupal period, pupal viability, pupal mass, adult viability, emergence of deformed adults, male/female ratio, number of eggs per female, eggs viability, area and leaf mass ingested. A global analysis of the results indicates that genotypes with high potential as a source of resistance to fall armyworm are BOZM 260 , BRS 1030, PA 091, PARA 172 and UNB - 2U C4.

Keywords: antibiosis; pest control; *Zea mays*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Acessos de milho-pipoca utilizados nos experimentos, suas principais características, procedências e base genética.....	12
Tabela 2. Composição da dieta artificial utilizada para a criação de <i>S. frugiperda</i> em laboratório (Nalin, 1991)	14
Tabela 3. Análises de variância das variáveis tempo de duração do período larval (T), massa final de lagartas (Mf), massa total de lagartas (Mt), massa média de lagartas (Mm), massa de pupa (Mp) e período pupal (Pp) área foliar consumida (AFC) e massa foliar ingerida (I). Maringá-PR, 2013.....	23
Tabela 4. Análise de variância das variáveis taxa de consumo relativo (TCR), taxa de crescimento relativo (TCREL), eficiência de conversão de alimento ingerido (ECI), e eficiência de conversão de alimento digerido (ECD), digestibilidade aparente (DA), alimento assimilado (A) e massa de fezes (F). Maringá-PR, 2013	23
Tabela 5. Variáveis do ciclo biológico das lagartas alimentadas pelos genótipos de milho pipoca sendo: tempo de duração da fase larval (T), massa final de lagartas (Mf), massa total de lagartas (Mt) e massa média de lagartas (Mm). Maringá-PR, 2013	24
Tabela 6. Viabilidade larval de <i>S. frugiperda</i> alimentadas por diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013	28
Tabela 7. Variáveis do ciclo biológico das lagartas alimentadas pelos genótipos de milho pipoca sendo: massa de pupas (Mp) e período pupal (PP). Maringá-PR, 2013.....	30
Tabela 8. Viabilidade pupal e porcentagem de deformações de indivíduos de <i>S. frugiperda</i> alimentados com diferentes genótipos de milho pipoca. Maringá-PR, 2013.....	31
Tabela 9. Viabilidade de adultos, proporção machos/fêmeas e relação número de ovos/fêmea de <i>S. frugiperda</i> alimentadas com folhas de diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013	33
Tabela 10. Viabilidade de ovos de <i>S. frugiperda</i> alimentadas com folhas de diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013	35

Tabela 11. Área foliar consumida (AFC) e massa foliar ingerida (I) da nutrição quantitativa de lagartas de <i>S. frugiperda</i> alimentadas com diferentes genótipos de milho pipoca durante todo seu período larval. Maringá-PR, 2013.....	37
Tabela 12. Índices de consumo e utilização (taxa de consumo relativo, taxa de crescimento relativo, eficiência de conversão de alimento ingerido e eficiência de conversão de alimento digerido) das lagartas de <i>S. frugiperda</i> alimentadas por diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013.	40
Tabela 13. Índices de consumo e utilização (alimento assimilado, digestibilidade aparente e massa de fezes) das lagartas de <i>S. frugiperda</i> alimentadas por diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plantas dos genótipos de milho pipoca produzidas em casa de vegetação para coleta de folhas e fornecimento à lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> no experimento de laboratório. Maringá-PR, 2011.	13
Figura 2. Câmara de crescimento com controle de umidade e temperatura, onde foram mantidas as lagartas da criação de manutenção e do experimento de laboratório. Maringá-PR, 2013.	14
Figura 3. Gaiolas de oviposição, com tampa perfurada, forradas com folhas de papel branco, providas de solução de mel e água em algodão embebido, dentro de recipiente circular com 1 cm de altura e 3 cm de diâmetro. Maringá-PR, 2013.....	15
Figura 4. Criação de Manutenção (A) Placas de Petri 1,5 cm de altura e 9 cm de diâmetro, com lagartas recém-eclodidas. (B) Prateleiras da câmara de crescimento com a criação de manutenção. Maringá-PR, 2013.	16
Figura 5. Massa das lagartas (A e B) e das fezes (C e D), mensuradas diretamente em balança semi-analítica da marca BEL. Maringá-PR, 2013.	19
Figura 6. Síntese dos resultados obtidos para as variáveis do ciclo biológico e consumo de alimentos das lagartas alimentadas pelos genótipos de milho pipoca. Maringá, 2014.	45

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTO.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Importância da cultura do milho	3
2.2 A cultura do milho pipoca	3
2.3 A lagarta-do-cartucho	4
2.4 Controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1 Local e Instalações.....	11
3.2 Material vegetal utilizado	11
3.3 Criação de manutenção de lagarta-do-cartucho	13
3.4 Experimento de Laboratório	16
3.5 Ciclo biológico.....	16
3.6 Mensuração da área foliar.....	17
3.7 Mensuração da massa foliar.....	18
3.8 Índices de consumo e utilização	18
3.8.1 Taxa de consumo relativo	19
3.8.2 Taxa de crescimento relativo	19
3.8.3 Alimento assimilado	20
3.8.4 Massa de fezes	20
3.8.5 Eficiência de conversão do alimento ingerido.....	20
3.8.5 Eficiência de conversão do alimento digerido	20
3.8.4 Digestibilidade aparente	21
3.9 Análise estatística	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Análise de variância.....	23

4.2 Teste de Agrupamentos de Scott-Knott e variáveis absolutas do ciclo biológico	24
4.2.1 Estágio Larval	24
4.2.1.1 Tempo de duração da fase larval	24
4.2.1.2 Massa final das lagartas	25
4.2.1.3 Massa total das lagartas	26
4.2.1.4 Massa média das lagartas	27
4.2.1.5 Viabilidade larval	27
4.2.2 Estágio de pupa	29
4.2.2.1 Massa de pupas	29
4.2.2.2 Período pupal	30
4.2.2.3 Viabilidade pupal	31
4.2.2.4 Porcentagem de deformações	32
4.2.3 Estágio adulto	32
4.2.3.1 Viabilidade de adultos	33
4.2.3.2 Proporção machos/fêmeas	33
4.2.3.3 Número de ovos/fêmea	34
4.2.4 Estágio de ovo	35
4.2.4.1 Viabilidade de ovos	35
4.3 Teste de Scott-Knott das variáveis do consumo de alimento	36
4.3.1 Área foliar consumida	36
4.3.2 Massa foliar ingerida	38
4.4 Teste de Scott-Knott dos Índices de consumo e utilização	39
4.4.1 Taxa de consumo relativo	39
4.4.2 Taxa de crescimento relativo	40
4.4.3 Eficiência de conversão do alimento ingerido	41
4.4.4 Eficiência de conversão do alimento digerido	41
4.4.5 Alimento assimilado	42
4.4.6 Digestibilidade aparente	42
4.4.7 Massa de fezes	44
5 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

O milho pipoca é um alimento bastante apreciado no Brasil, mas seu cultivo comercial não é muito difundido. Um dos grandes entraves é a baixa produtividade, resultante de diversos fatores tecnológicos, climáticos e fitossanitários (PEREIRA FILHO et al., 2010). Entre os problemas fitossanitários destacam-se as perdas provocadas pelo ataque da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

A cultura do milho, *S. frugiperda* pode causar perdas que variam de 15 a 34% no rendimento de grãos, dependendo da fase de desenvolvimento da planta, da cultivar utilizada, do sistema de produção empregado e do local de semeadura (CRUZ; TURPIN, 1982; CRUZ, 1995; SARMENTO et al., 2002).

Atualmente, diversas são as técnicas pesquisadas em relação ao controle desta praga, porém ainda se utilizam prioritariamente produtos altamente tóxicos, potencialmente poluidores e prejudiciais à saúde. Além disso, o uso de tais produtos promove a seleção de insetos resistentes aos princípios ativos utilizados. Neste sentido, observa-se a importância de utilizar a resistência genética de acessos de milho com ação duradora e com grande efeito sobre o controle da *S. frugiperda*.

Viana e Potenza (2000) relatam a presença de antibiose como mecanismo de resistência no genótipo de milho comum CMS 14C. Em uma análise do ciclo biológico de lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de diferentes genótipos de milho, Silveira et al. (1997) observaram que os genótipos com menor adequação ao desenvolvimento dos insetos foram Mp707 e Zapalote Chico.

Em milho pipoca ainda são escassas as informações envolvendo o controle da lagarta do cartucho, principalmente por meio da utilização de variedades resistentes, atualmente indisponíveis. Estas informações seriam de grande importância, tendo em vista o avanço do mercado de milhos especiais. Além disso, o manejo de pragas com técnicas que envolvem resistência genética é menos prejudicial à saúde do homem e do meio ambiente.

Uma das alternativas utilizadas atualmente pode ser o emprego de plantas geneticamente modificadas (OGMs), conhecidas como transgênicas, que seriam efetivamente utilizadas no controle de pragas, porém, segundo Camara et al. (2013), deve ser levada em consideração a resistência da população ao consumo de alimentos transgênicos, principalmente nos países europeus, justificada pela falta de estudos de longo prazo sobre os reais perigos destes alimentos para a saúde e o meio ambiente.

Outro agravante seria a ocorrência de insetos resistentes aos efeitos das proteínas *Bt* que segundo Tabashnik et al. (2013) tem aumentado consideravelmente, condenando a tecnologia ao desuso caso não sejam tomadas medidas de contenção desta evolução.

A avaliação de acessos de milho pipoca dentro do Programa de Melhoramento de milhos especiais da UEM pode abrir a possibilidade de utilização de fontes de resistência mediante cruzamentos no melhoramento genético.

Os dados de resistência à insetos obtidos nestes genótipos poderão auxiliar no estudo e obtenção de genes de resistência, para posterior transferência às linhagens formadoras de híbridos de alta capacidade de expansão e potencial produtivo elevado. Desta forma, a melhor qualidade do milho pipoca produzido, influenciará diretamente os produtores, incentivando ao plantio.

O objetivo deste trabalho é encontrar e caracterizar fontes de resistência em milho pipoca em relação a *S. frugiperda*, que possam ser utilizadas no melhoramento genético.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cultura do milho

No ano 2013 o levantamento da safra 2012/13 (primeira safra), indicou uma produção de milho próxima a 35 milhões de toneladas (34.845,6 mil toneladas), com significativo aumento de 2,9% sobre a safra anterior e a produção da segunda safra superou a produção do ano anterior, com o valor de 44,24 milhões de toneladas (CONAB, 2013a). Foi o grão mais produzido no mundo com 38,1% de todos os grãos produzidos, apresentando grande importância na balança comercial (CONAB, 2013b).

Somando-se a produção das duas safras 2012/13 (primeira safra) e 2013 (segunda safra) , atingiram-se aproximadamente 79,08 milhões de toneladas, sendo recorde de produção de milho no Brasil, ultrapassando em 8,4% a produção obtida no ano anterior, devido principalmente ao desempenho superior das lavouras do sul do Brasil. Estas informações demonstram o grande aumento de importância da cultura no país (CONAB, 2013b).

A projeção da produção das safras de 2013/14 está em torno de 78,8 e 89,0 milhões de toneladas, devendo atingir 93,6 milhões de toneladas em 2022/23, segundo estimativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2013). Neste mesmo relatório o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento trata da área semeada de milho, a qual deverá sofrer incremento de 6,3% até a safra 2022/23, atingindo 21,6 milhões de hectares em 2022/23.

Do mesmo modo que a área e a produção, o consumo deve sofrer aumento significativo até o ano de 2023, atingindo cerca de 93 milhões de toneladas (BRASIL, 2013). Estes valores evidenciam a grande importância da cultura para o Brasil e para o mundo, tendo em vista que as exportações devem ficar próximas dos 25 milhões de toneladas em 2022/23, ante as atuais 18 milhões de toneladas.

2.2 A cultura do milho pipoca

Apesar de ser de grande importância, os índices econômicos e mercadológicos sobre a cultura do milho pipoca (área semeada, quantidade produzida, compradores de grãos e produtores de semente) são inexistentes, talvez pela informalidade do mercado desta cultura e principalmente pela reduzida exploração da pipoca no Brasil, tornando complicada a realização de projeções e perspectivas sobre a mesma (PEREIRA FILHO, 2010).

As cotações em 2013 não foram desanimadoras, com valores girando por volta de R\$ 2,60/kg de milho pipoca convencional e de R\$ 3,38/kg de milho orgânico (CONAB, 2013). Atualmente os preços de milho pipoca, relatados por empresas empacotadoras como a Yoki, estão em R\$ 36,00 a saca de 60 kg no Norte de Mato Grosso, variando sempre por volta do dobro do preço do milho comum. O preço de atacado da saca de 25 kg do milho pipoca argentino no Estado de São Paulo está cotado a R\$ 68,71/saca.

Para atingir altas produtividades sustentáveis de milho pipoca, necessita-se de grande investimento em pesquisa sobre resistência genética, pois, a ocorrência de pragas é um fator limitante à expressão do potencial de produção da cultura do milho, podendo afetá-la desde a germinação até a fase reprodutiva (GASSEN, 1996).

2.3 A lagarta-do-cartucho

Segundo Metcalf e Flint (1965), a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera; Noctuidae) é um inseto que pode ser encontrado no continente americano desde o México até a América do Sul. Sua presença também foi registrada por Malausa e Marival (1981), em várias regiões da França, nas mais diversas espécies de plantas.

Silva et al. (1968) apresentam uma lista extensa de plantas hospedeiras de *S. frugiperda*, pertencentes a diferentes famílias, de tal forma que essa espécie pode ser classificada como polífaga. Lucchini (1977), entretanto, salienta sua marcante preferência por gramíneas, como milho, sorgo, arroz, cana-de-açúcar e pastagens.

Sifuentes (1967), comparando a resistência do milho e sorgo a esse inseto, constatou marcante preferência de oviposição e alimentação por plantas de milho.

O adulto de *S. frugiperda* é uma mariposa com cerca de 35 mm de envergadura, com coloração pardo-escura nas asas anteriores e branco acinzentada nas asas posteriores. Após a cópula, as fêmeas ovipositam massas de ovos preferencialmente na face adaxial das folhas das plantas hospedeiras (CRUZ et al., 1995). Segundo Gallo et al. (2002), o adulto da lagarta-do-cartucho faz a postura nas folhas de milho, em grupos de 50 a 300 ovos, podendo chegar a 1.000 ovos por fêmea.

As lagartas eclodem dos ovos e se alimentam inicialmente do córion do ovo. Em seguida, ficam em repouso por um período de 2 a 10 horas. A partir daí iniciam a alimentação no hospedeiro, causando danos consideráveis (CRUZ et al., 1995).

As lagartas apresentam um comportamento migratório com alta capacidade de dispersão, se espalhando por uma ampla gama de plantas hospedeiras (MARTINELLI et al., 2006).

O inseto apresenta, em sua fase larval, coloração variável de pardo escura até quase preta e com sutura em forma de Y invertido na parte frontal da cabeça. Quando completamente desenvolvidas, as lagartas medem aproximadamente 40 mm de comprimento (CRUZ et al., 1995). Possuem três pares de pernas no tórax e cinco pares de falsas pernas no abdômen, a cabeça é menor que o tórax, apresentando coloração pardo-escura a preta, com sutura epicranial e bordas de coloração branca bem distintas (GALLO et al., 2002).

As lagartas consomem as folhas, reduzindo a área fotossintética da planta e, conseqüentemente, a produtividade. Ao atacar o cartucho do milho, causam um dano característico deste ataque, por perfurar folhas ainda enroladas, gerando linhas de perfuração. Em geral, são encontradas no máximo duas lagartas por planta, pois estas apresentam canibalismo, sobrevivendo somente as lagartas maiores e/ou mais adaptadas (CAPINERA, 2008).

As lagartas de primeiro instar iniciam sua alimentação apenas pela raspagem de uma das faces da folha, deixando o outro lado da epiderme intacta. Lagartas maiores perfuram as folhas e desenvolvem-se no cartucho do milho. Entre o quarto e quinto instares, podem destruir completamente o cartucho. Quando se dirigem para a região da espiga, podem atacar o pedúnculo e impedir a formação dos grãos. Podem também penetrar nas espigas na sua porção basal e danificar diretamente os grãos ou alimentar-se da ponta da espiga (CRUZ, 1995).

As lagartas alimentam-se ainda do colmo do milho, causando sua quebra, ou seccionam a planta na base. Em ocorrências tardias, podem atacar as espigas, destruindo os grãos, além de propiciarem a entrada de patógenos e umidade, determinando o apodrecimento das mesmas (ÁVILA et al., 1997).

O dano em espiga é muito frequente no norte do Paraná e na região tropical a partir da fase de pendoamento, quando desaparece o cartucho (que é substituído pelo pendão floral) e a lagarta penetra na espiga, buscando proteção (BRUNINI, 1997).

Observam-se maiores danos à cultura do milho no estágio fenológico entre oito a 10 folhas, podendo ocorrer redução de até 19% da produtividade, principalmente por reduzir o número e qualidade de grãos por espiga (CRUZ; TURPIN; 1982)

Segundo Gallo et al. (2002), a *S. frugiperda* pode causar danos severos à cultura do milho, podendo reduzir a produção em até 20%, pela destruição das folhas da planta, sendo o período crítico de ataque o estágio fenológico anterior ao florescimento.

O período de duração das fases de ovo, de larva, de pupa e de adulto completa-se em torno de 3, 25, 11 e 12 dias, respectivamente (CRUZ et al., 1995).

De acordo com Rosa et al. (2012) o período de incubação dos ovos provenientes das cinco linhagens de milho por eles estudadas (M89374, M89287, M89611, M89601 e M89420) variou entre 2,8 a 3,3 dias, porém os adultos do inseto alimentados com M89611 não ovipositaram. A fase larval teve duração de 10,7 a 21,7 dias nas linhagens de milho M89611 e M89374 respectivamente. De acordo com o autor, a linhagem M89611 promoveu duração média da fase pupal de 21 dias, valor muito inferior às demais linhagens por ele pesquisadas, e por autores como Giolo et al. (2002), que obtiveram média de período pupal de 12,7 dias quando nutridas com milho.

A fase de pupa ocorre no solo ou sob restos culturais, em câmara pupal, formada por teias produzidas pela lagarta e restos de material vegetal (GALLO et al., 2002).

Segundo Silva et al. (2000) características do ciclo biológico, como período larval, sobrevivência, peso das lagartas e a utilização de escala visual de notas à campo, são amplamente utilizadas nos programas de melhoramento genético para seleção de genótipos promissores.

As condições climáticas são fator primordial para o aumento da lagarta-do-cartucho, que se desenvolve em baixa pluviosidade, temperatura máxima de 27° C e mínima de 16 °C (BRUNINI, 1997).

Um agravante no aumento da ocorrência da praga é a baixa eficiência do controle químico da mesma, ocasionado por falta de regulagem dos equipamentos de pulverização, inexistência de ajustes de volume de calda e de doses de inseticidas baseado no desenvolvimento da cultura e da praga, ausência de utilização de métodos de monitoramento e presença de populações do inseto resistentes ao inseticida utilizado, devido à falta de rotação de princípio ativo e mecanismo de ação (CRUZ, 2008).

A utilização de diferentes métodos de controle para o manejo integrado de pragas como a lagarta-do-cartucho deve ser posta em prática nos programas de melhoramento, visando resultados econômicos e ecológicos favoráveis. Dentre essas estratégias, a utilização de plantas resistentes é bem conhecida pelas suas vantagens biológicas e ambientais (HAMM e WISEMAN, 1986).

2.4 Controle da *Spodoptera frugiperda*

Diversas são as formas de controle da lagarta-do-cartucho; uso de inseticidas, utilização de épocas mais adequadas ao plantio, tais como o plantio antecipado, plantio de híbridos e variedades mais precoces, uso de cultivares resistentes e uso de agentes de controle biológico (CUNHA et al., 2008).

A resistência genética é considerada por muitos autores como técnica ideal de controle de pragas, pois é efetivamente funcional, não causa danos ao meio ambiente e aos agricultores, além de facilitar o manejo das culturas (VENDRAMIM e NISHIKAWA, 2001).

Lara (1991) conceitua resistência como capacidade que algumas plantas possuem de se desenvolver e reproduzir na presença do ataque de pragas ou doenças, devido a um fator genético diferenciador. Porém, a resistência é relativa, sendo constatada exclusivamente quando se compara as reações de dois ou mais genótipos diante do ataque.

A resistência genética de plantas a insetos pode ser classificada como não-preferência ou antixenose, antibiose e tolerância. A antixenose pode ser para oviposição, alimentação e/ou abrigo, ou seja, quando o inseto considera a planta como um mau hospedeiro. A antibiose é notada quando a planta apresenta fatores adversos que afetam a sobrevivência do inseto, o desenvolvimento e a reprodução do mesmo. No caso da tolerância, a planta suporta ou convive em harmonia com o inseto, sem sofrer as limitações das plantas suscetíveis (LARA, 1991; PINTO, 2009).

Genótipos resistentes podem afetar biológica, fisiológica ou comportamentalmente a praga, acarretando uma produção de descendentes mais debilitados e mais sensíveis aos produtos inseticidas, podendo-se utilizar racionalmente estes produtos (NISHIKAWA, 1999; VIANA; POTENZA, 2000).

Estudando os mecanismos de antibiose e não-preferência em milho comum, Viana e Potenza (2000) observaram que o genótipo CMS 14C influenciou negativamente na biologia do inseto, caracterizando a reação de antibiose a *S. frugiperda*. Constataram ainda que houve reação de não preferêcia alimentar das lagartas em relação ao genótipo Zapalote Chico e não preferêcia à oviposição nos genótipos Zapalote Chico e CMS 14C.

Ota et al. (2011) verificaram menor dano foliar da lagarta-do-cartucho nas cultivares de milho DKB 789, DKB 499 e NBX 8315, indicando resistência do tipo não-preferência, o que auxiliaria na redução da população da lagarta, e juntamente com outros métodos de controle, poderia facilitar o manejo.

Atualmente a transgenia é uma alternativa de controle de grande importância, pois facilita o manejo da cultura e reduz o uso de inseticidas altamente tóxicos. Michelotto et al. (2013) relatam que principalmente devido aos prejuízos causados pelas larvas de *S. frugiperda* desenvolveu-se o milho transgênico, conhecido como Bt, por conta do uso de um ou mais genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* que codifica a produção de uma proteína com efeito inseticida sobre lepidópteros.

Em termos econômicos, Duarte et al. (2009) concluíram que as tecnologias transgênicas são economicamente viáveis, pois, apesar do custo mais elevado das sementes, há uma redução significativa dos custos de aplicação de insumos e com a presença menor de danos obtém-se maiores produtividades.

Nais et al. (2013) realizaram experimentos com híbridos de milho transgênicos e seus respectivos isogênicos convencionais, e relatam que os híbridos convencionais apresentam médias maiores de notas visuais de danos e de número de lagartas por planta, evidenciando o efeito da transgenia no controle da praga.

Zancanaro et al. (2012) relatam que, em plantas de milho transgênicas e/ou convencionais, é possível observar a presença de lagartas de *S. frugiperda* em seus primeiros estágios, porém as lagartas de quinto e sexto ínstar não são visualizadas em plantas de milho transgênico, devido, de acordo com o autor, as lagartas morrerem ou apresentarem atraso de desenvolvimento.

Mendes et al. (2011) em seus experimentos com a reação da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado relataram que lagartas de 1º ínstar foram suscetíveis à toxina do Bt Cry 1A(b), das folhas dos genótipos avaliados e que a mortalidade larval após 48 horas foi maior em híbridos com a tecnologia *Bt*.

Em contrapartida, o surgimento de insetos resistentes aos efeitos da transgenia é uma realidade vivenciada atualmente na agricultura. Isso já era de se esperar, pois trata-se de uma característica monogênica, podendo ser mais facilmente superada pelo inseto. Bobrowski et al. (2003) relatavam em 2003 a ocorrência de diferentes espécies de insetos com resistência às toxinas de *Bt*, o que tornava necessário a procura e o estudo de novas proteínas. Neste sentido buscaram-se no presente trabalho resistências poligênicas potencialmente presentes nos genótipos de milho pipoca.

Farinelli e Fornasieri Filho (2006) relatam que o controle químico da *S. frugiperda* reduz os danos causados pela praga refletindo na diminuição do dano. No entanto, devem-se buscar opções de princípios ativos seletivos. Siloto (2002) relata que o controle químico desta praga tem demandado cada vez maior número de pulverizações para sua efetividade,

havendo populações resistentes aos inseticidas presentes no mercado, além dos problemas gerados ao meio ambiente.

Cruz e Monteiro (2004) relatam que uma ferramenta que tem apresentado excelentes resultados é a utilização de *Trichogramma pretiosum*, uma pequena vespa, parasitóide de ovos de diversos insetos, entre eles *S. frugiperda*, sendo um método de controle fácil de ser realizado, economicamente viável e de baixo ou nulo impacto ambiental.

Nava et al. (2009) enumeram ainda diversas formas de controle biológico entre elas o *Trichogramma*, conforme citado anteriormente, outras vespíngas como a *Telenomus remus* e a *Chelonus insularis*, ambas parasitoides de ovos e as vespíngas *Campoletis flavicincta* e *Exasticolus fuscicornis* que parasitam lagartas, sendo estas quatro vespíngas citadas geralmente de ocorrência natural. Os mesmos autores citam ainda as joaninhas *Coleomegilla maculata*, *Hippodamia convergens*, *Cycloneda sanguinea*, *Eriopsis connexa* e *Olla v-nigrum* e a tesourinha *Doru luteipes* como predadores de ovos e lagartas de primeiros instares.

Segundo Tirelli et al. (2010) uma excelente metodologia de controle de *S. frugiperda* na cultura do milho é o uso de produtos naturais oriundos de plantas. O autor demonstra a eficácia da fração tânica de *Peltophorum dubium* (angico) no controle *S. frugiperda* baseada nos índices nutricionais. Constatou em seu experimento a redução no consumo de alimento, acarretando num menor peso das lagartas e das fezes, além da redução da porcentagem de sobrevivência na fase larval de 91% no tratamento controle para apenas 58% no tratamento com uso de extrato de angico.

Lima et al. (2009a), ao aplicarem óleo essencial de folhas de goiabeira em folhas de milho e realizar testes de preferência, observou reação de repelência das lagartas às folhas mergulhadas em solução com concentração de 0,01 % v/v.

Viana et al. (2007) relatam que a aplicação de extrato aquoso de folhas de nim na concentração 10.000 ppm, aplicado com bico leque de alta vazão, em três pulverizações resultou em nota média de 3,15, utilizando-se a escala de 0 a 9 (DAVIS e WILLIAMS, 1989), valor considerado bom comparado à testemunha que apresentou nota média de 7,83.

Lima et al. (2010) estudando a atividade inseticida do óleo essencial de mentrasto (*Ageratum conyzoides*) verificaram que concentrações acima de 0,5% proporcionaram alto nível de controle, com mortalidade de até 70% das lagartas no teste de ingestão de seções de folhas de milho tratadas.

Lima (2009b) verificou a eficiência da aplicação do óleo essencial de folhas de pimenta longa *Piper hispidinervum* no controle de lagarta-do-cartucho, no qual se avaliou a redução de 50% no consumo alimentar das lagartas às 24, 48 e 72 horas. Observaram às 24 horas que a concentração 8,1 mg/mL reduziu 50% da alimentação. Às 48 horas a concentração para redução de 50% do consumo foliar aumentou para 13,9 mg/mL, contudo após as 96 horas a concentração reduziu novamente apresentando uma redução de consumo alimentar de 50% com 7,2 mg/mL.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local e instalações

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Entomologia e em casa de vegetação localizados na Fazenda Experimental de Iguatemi - FEI, pertencente à Universidade Estadual de Maringá – UEM, município de Maringá, Estado do Paraná.

3.2 Material vegetal utilizado

O material vegetal utilizado nos bioensaios de laboratório para estimação dos parâmetros biológicos da lagarta-do-cartucho foi obtido de plantas de milho pipoca de diferentes genótipos, cultivadas em casa de vegetação com cobertura plástica e temperatura e umidade controladas.

Quinze acessos de milho pipoca mantidos pelo Programa de Melhoramento Genético da UEM, e três testemunhas comerciais (Tabela 1) foram semeadas em vasos constituídos pela mistura de solo com substrato (proporção 3:1), adubado segundo recomendação para a cultura (Figura 1).

Após quinze dias da semeadura realizou-se desbaste das plantas, as quais receberam irrigação diária e adubação de plantio equivalente a 400 kg/ha da formulação comercial NPK 04-14-08 e de cobertura equivalente a 150 kg/ha de ureia. Realizou-se ainda o controle de plantas invasoras, não sendo realizado tratamento de sementes ou aplicação de inseticidas para controle de pragas.

As folhas de milho utilizadas na alimentação das lagartas foram coletadas quando as plantas estavam nos estádios fenológicos V6 a V8, sendo estes estádios que as lagartas mais se alimentam das folhas, descartando-se a nervura principal e a parte apical, selecionando sempre folhas mais novas, porém completamente expandidas, livres de doenças e ataque de pragas.

Tabela 1. Acessos de milho-pipoca utilizados nos experimentos, suas principais características, procedências e base genética

Genótipo	Cariopse		Procedência	Base genética
	Pericarpo	Endosperma		
ARZM 07 049	Incolor	Laranja	CIMMYT	VPA*
SE 013	Incolor	Branco e Amarelo	UEM	VPA
SAM**	Incolor	Laranja	Sul-americana/EUA	VPA
URUG 298 roxo	Vermelha	Laranja	CIMMYT	VPA
ARZM 05 083	Incolor	Branca	CIMMYT	VPA
PARA 170	Incolor e marrom	Branco	CIMMYT	VPA
UNB-2U C4	Incolor	Laranja	UENF	VPA
CHZM 13 0134	Marrom	AM/AL ***	CIMMYT	VPA
PR-023	Incolor	Laranja	UEM	VPA
ARZM 13 050	Incolor	Branco e Amarelo	CIMMYT	VPA
URUG 298 amarelo	Incolor	Laranja	CIMMYT	VPA
BOYA 462	Incolor	Incolor e Preto/roxa	CIMMYT	VPA
BOZM 260	Incolor	Branco	CIMMYT	VPA
PARA 172	Incolor	Branco e Amarelo	CIMMYT	VPA
PA 091	Incolor	Amarelo	UEM	VPA
IAC-125	Incolor	Laranja	IAC	Híb. Topcross
BRS 1030	Incolor	Laranja	EMBRAPA	Híb. Simples
Zapalote Chico	Incolor	Branco	CIMMYT	VPA

* VPA - variedade de polinização aberta

** South American Mushroom

*** AM=Amarelo e AL=Alaranjado



Figura 1. Plantas dos genótipos de milho pipoca produzidas em casa de vegetação para coleta de folhas e fornecimento à lagartas de *Spodoptera frugiperda* no experimento de laboratório. Maringá-PR, 2011.

3.3 Criação de manutenção de lagarta-do-cartucho

A criação de manutenção teve por objetivo fornecer insetos para o desenvolvimento desta pesquisa, sendo realizada no mesmo Laboratório de Entomologia localizado na FEI.

Para iniciar a criação, ovos de *S. frugiperda* foram coletados a campo, visando demonstrar a população do inseto que se apresenta regionalmente. Após a eclosão, duas lagartas foram repassadas com um pincel nº 0 para placas de Petri plásticas transparentes, com tampa, com 1,5 cm de altura por 9,0 cm de diâmetro, contendo cerca de 1cm² de dieta artificial. A dieta de criação artificial (Tabela 2) teve por objetivo permitir a criação das lagartas sem contato com milho, visando desacostumar as lagartas a comerem milho e assim padronizar as lagartas utilizadas no experimento.

Tabela 2. Composição da dieta artificial utilizada para a criação de *S. frugiperda* em laboratório (Nalin, 1991)

Componentes	Quantidades*
Feijão (variedade carioquinha)	165,00 g
Germe de trigo	79,20 g
Levedo de cerveja	50,50 g
Nipagin	3,15 g
Ácido ascórbico	5,10 g
Ácido sórbico	1,65 g
Formol 10%	12,50 mL
Agar	25,50 g
Água	1195 mL

A manutenção e troca de alimento foram realizadas diariamente, individualizando-se as lagartas em placas de Petri, as quais foram envolvidas por plástico transparente tipo PVC film e mantidas em câmara de crescimento (Figura 2) com $70\pm 10\%$ de umidade, temperatura de $25\pm 1^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas.



Figura 2. Câmara de crescimento com controle de umidade e temperatura, onde foram mantidas as lagartas da criação de manutenção e do experimento de laboratório. Maringá-PR, 2013.

As lagartas foram mantidas nessas condições, realizando-se a limpeza das placas para retirada dos excrementos e troca da dieta até atingirem o estágio de pupa, quando então foram retiradas com uma pinça e transferidas para as gaiolas de oviposição.

As gaiolas de oviposição eram constituídas por potes transparentes com tampa perfurada (Figura 3), revestidos internamente com folhas de papel branco, visando facilitar a retirada das posturas.

No interior das gaiolas foram colocadas 20 a 40 pupas de ambos os sexos, da mesma idade, cujos adultos, ao emergirem, copularam. As fêmeas ovipositaram no papel, que foi trocado diariamente para a coleta das posturas.

Forneceu-se aos adultos solução de mel e água em algodão embebido, dentro de recipiente circular com 1 cm de altura e 3 cm de diâmetro.



Figura 3. Gaiolas de oviposição, com tampa perfurada, forradas com folhas de papel branco, providas de solução de mel e água em algodão embebido, dentro de recipiente circular com 1 cm de altura e 3 cm de diâmetro. Maringá-PR, 2013.

As posturas obtidas nas gaiolas de oviposição não passaram por tratamento adicional, pois não foram registrados problemas de contaminação por microrganismos e foram transferidas para placas de Petri (1,5 cm de altura e 9 cm de diâmetro) (Figura 4), contendo dieta artificial e posteriormente vedadas por “filme” plástico para impedir a fuga das lagartas recém-eclodidas e manter a umidade relativa.

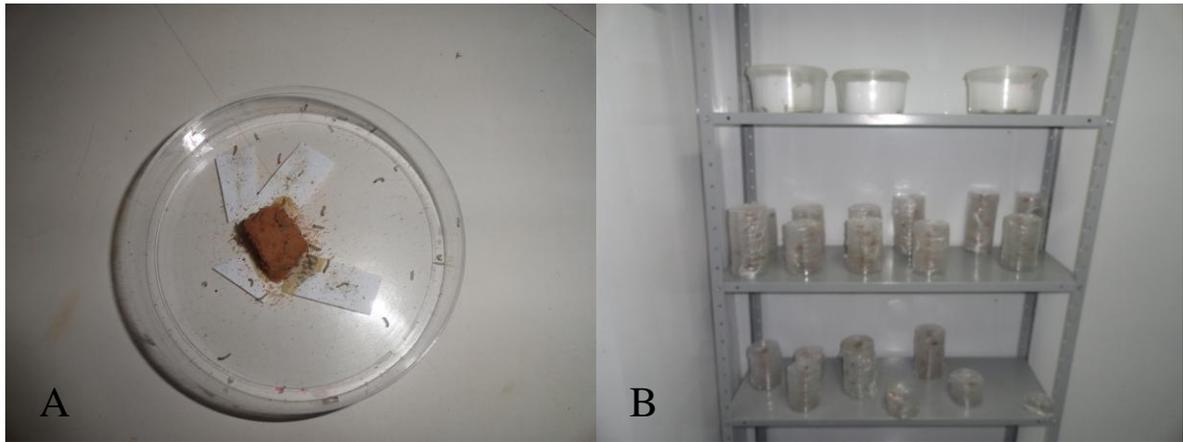


Figura 4. Criação de Manutenção (A) Placas de Petri 1,5 cm de altura e 9 cm de diâmetro, com lagartas recém-eclodidas. (B) Prateleiras da câmara de crescimento com a criação de manutenção. Maringá-PR, 2013.

3.4 Experimento de laboratório

O estudo da biologia de *S. frugiperda* foi realizado comparando-se o desenvolvimento do inseto nos genótipos comerciais: IAC 125 – híbrido topcross (híbrido simples x variedade), BRS 1030 – híbrido simples (milho normal) e Zapalote Chico - Variedade (milho normal). BRS 1030 e Zapalote Chico são conhecidos por apresentar resistência genética à lagarta-do-cartucho.

A unidade experimental utilizada foi uma placa de Petri descartável (9 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura), forrada com papel filtro umedecido para manter a turgescência do material vegetal fornecido às lagartas. Em cada placa foi mantida uma lagarta, proveniente da criação de manutenção de insetos, sendo alimentada diariamente com uma porção de folhas dos tratamentos em questão, desde a eclosão até o estágio de pupa.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 30 repetições e tratamentos conduzidos em câmara climatizada com temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade de $70\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas. As lagartas foram mantidas individualizadas para evitar o canibalismo e alimentadas diariamente, sempre pela manhã, com folhas dos genótipos testados.

3.5 Ciclo biológico

Com relação às variáveis biológicas observaram-se as seguintes fases:

- Fase larval: período larval (tempo em dias), massa final de lagartas (gramas), massa total de lagartas (gramas), massa média de lagartas (gramas) e viabilidade larval (%);
- Fase de pupa: período pupal (dias), viabilidade pupal (%) e massa no dia em que virou pupa (gramas);
- Fase adulta: viabilidade de adultos, emergência de adultos deformados (%), proporção machos/fêmeas, número de ovos por fêmea e viabilidade de ovos.

No estágio larval foi mensurada ainda a utilização de alimento, de acordo com a área (AFC) e massa foliar ingerida (I) dos genótipos testados.

A massa de cada lagarta foi mensurada considerando-se a massa final das lagartas (Mf) como o maior valor obtido no período da pesagem, ou seja, a pesagem no último dia da fase larval, excluindo-se os valores de pesagem do período de pré-pupa, pois período pré-pupa, de acordo com Rosa e Barcelos (2012) é caracterizado pela paralisação da alimentação, redução de mobilidade e de biomassa.

Na fase adulta, foi realizada a sexagem dos indivíduos de cada tratamento. Todos os indivíduos foram transferidos para suas respectivas gaiolas devidamente identificadas, as quais continham recipiente com algodão embebido em solução de mel e água a 10 %, semelhantes às utilizadas durante a criação de manutenção. Diariamente realizou-se a coleta e contagem de oviposições. Os ovos foram colocados em placas de Petri para a avaliação de sua viabilidade.

Realizou-se a contagem de indivíduos machos e fêmeas provenientes de cada tratamento e assim foi calculada a proporção machos/fêmeas.

3.6 Mensuração da área foliar

A medição de área foliar consumida foi realizada utilizando o medidor de área foliar do modelo AM-300, da marca ADC. O aparelho consiste de um scanner de mão acoplado à uma base de fundo claro, possuindo um visor onde, após a medição, é mostrado o valor da área foliar diretamente em centímetros quadrados. Deste modo, foi calculada a diferença entre a área foliar antes do fornecimento às lagartas e área foliar após 24 horas.

A porção de folhas fornecida à lagarta foi alterada de acordo com o desenvolvimento da mesma, visando evitar a insuficiência de alimento.

3.7 Mensuração da massa foliar

A determinação da massa fresca das folhas, antes do fornecimento às lagartas, foi realizada por pesagem em uma balança semi-analítica da marca GEHAKA BK 300, obtendo-se assim a massa em gramas.

Visando a obtenção da massa após 24 horas, realizou-se o cálculo da densidade superficial, que corrige a evapotranspiração ocorrida nas folhas fornecidas. Para corroborar os dados da metodologia foi realizada a mensuração da massa das folhas testemunhas, em número de 3 placas para cada tratamento. As placas testemunhas apresentaram as mesmas características das outras utilizadas no experimento, porém sem a utilização das lagartas.

Para o cálculo da massa do alimento ingerido (I), utilizou-se a diferença da massa foliar fornecida e da massa foliar restante após 24 horas.

Calculou-se a densidade superficial (DS), de acordo com a fórmula:

$$DS = \frac{M}{A}$$

Em que:

DS = Densidade superficial

A = área foliar

M = massa foliar

3.8 Índices de consumo e utilização

Waldbauer (1968) desenvolveu metodologia para a determinação dos índices de nutrição quantitativa durante a fase larval. Esta metodologia foi posteriormente alterada por Scriber e Slansky Jr. (1981), tornando-se a metodologia padrão utilizada em trabalhos de consumo e utilização de alimentos por insetos.

Os índices de consumo e utilização de alimentos foram calculados a partir dos dados de massa e área foliar, massa das lagartas e massa das fezes (Figura 5), conforme proposto por Scriber e Slansky Jr. (1981):

- Taxa de consumo relativo (TCR)
- Taxa de crescimento relativo (TCREL)
- Alimento Assimilado (A)
- Massa de Fezes (F)
- Eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI)
- Eficiência de conversão do alimento digerido (ECD)
- Digestibilidade aparente (DA)

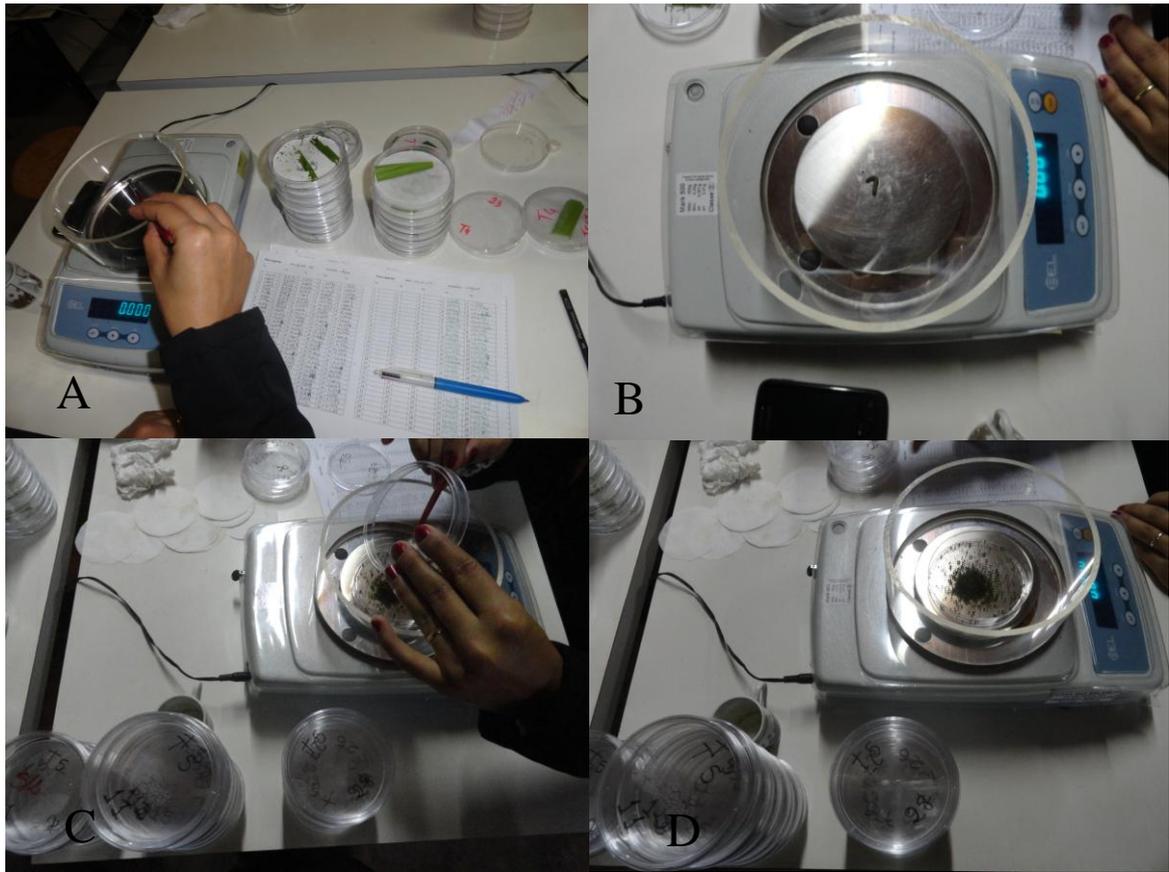


Figura 5. Massa das lagartas (A e B) e das fezes (C e D), mensuradas diretamente em balança semi-analítica da marca BEL. Maringá-PR, 2013.

3.8.1 Taxa de consumo relativo

A taxa de consumo relativo (TCR), representa a massa de alimento consumido por grama de biomassa do inseto por dia (g/g * dia). Foi calculada diretamente pela fórmula:

$$TCR = \frac{I}{(Mm * T)}$$

Em que:

I = massa do alimento ingerido (consumido) durante T;

Mm = massa média das lagartas durante T;

T = tempo de duração do período larval;

3.8.2 Taxa de crescimento relativo

A taxa de crescimento relativo (TCREL) refere-se à taxa de crescimento das lagartas alimentadas com os diferentes genótipos de milho pipoca em relação à duração do período larval (g/g/dia), sendo calculada pela seguinte equação:

$$TCREL = MF * (Mm * T)$$

Em que:

Mf = massa final das lagartas;

Mm = massa média das lagartas durante T;

T = tempo de duração do período larval;

3.8.3 Alimento assimilado

Alimento assimilado (A) representa a quantidade do alimento ingerido utilizada para conversão em biomassa do inseto e/ou no metabolismo. É calculado pela fórmula:

$$A = I - F$$

Em que:

I = massa do alimento ingerido (consumido) durante T;

F = massa de fezes excretadas pelo inseto;

3.8.4 Massa de Fezes

A massa de fezes (F) é representada pelo alimento não digerido somado aos produtos de excreção durante o período larval. Foi mensurada diretamente em balança semi-analítica conforme descrito anteriormente.

3.8.5 Eficiência de conversão do alimento ingerido

A eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) representa em porcentagem (%) a quantidade de alimento ingerido pelas lagartas que foi convertido em massa das lagartas. Estes valores são calculados realizando-se a divisão da massa final das lagartas pelo valor da massa do alimento ingerido na fase larval, sendo calculado por:

$$ECI = \frac{Mf}{I} * 100$$

Em que:

Mf = massa final das lagartas;

I = massa do alimento ingerido (consumido) durante T;

3.8.6 Eficiência de conversão do alimento digerido

Eficiência de conversão do alimento digerido (ECD) é o índice que trata da porcentagem do alimento digerido convertido pelo inseto para seu crescimento. O custo

metabólico seria desta maneira 100% do alimento digerido – ECD, representando esta diferença o gasto de energia utilizado nas outras atividades que não converteram em crescimento. ECD é calculado pela massa final das lagartas dividida pelo alimento assimilado durante o tempo de vida larval, sendo:

$$ECD = \frac{Mf}{A} * 100$$

Em que:

Mf = massa final das lagartas;

A = I – F = alimento assimilado durante T;

3.8.7 Digestibilidade aparente

Digestibilidade aparente (DA) é a porcentagem de alimento ingerido que foi efetivamente metabolizado e assimilado pelo inseto para o seu desenvolvimento. É dada pela divisão da diferença do alimento ingerido e das fezes pela massa do alimento ingerido sendo:

$$DA = \frac{A}{I} * 100$$

Em que:

A = I – F = alimento assimilado durante T;

I = massa do alimento ingerido (consumido) durante T;

F = fezes = alimento não digerido + produtos de excreção durante T;

Estes índices foram utilizados para o estudo da nutrição quantitativa, que consiste na avaliação das quantidades de alimento consumido, digerido, metabolizado, assimilado, excretado e convertido em massa da lagarta.

3.9 Análise estatística

As variáveis do ciclo biológico, da utilização de alimento e da nutrição quantitativa foram analisadas para todos os genótipos em estatística descritiva.

Foi realizada a análise de variância e ainda a aplicação do teste de agrupamento de Scott-Knott (1974) para as variáveis que apresentaram diferenças significativas na análise de variância.

O nível de significância adotado para a análise de variância foi de 5% de probabilidade conforme Banzatto e Kronka (2008). Para o teste de agrupamento de Scott-Knott (1974) utilizou-se 10% de probabilidade o que visa formar um maior número de grupos de genótipos. As análises foram realizadas no aplicativo computacional SISVAR,

desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras, de acordo com metodologia de Ferreira (2000).

As variáveis que não apresentam repetições dos tratamentos como: viabilidade larval, viabilidade pupal, porcentagem de deformações, proporção de machos e fêmeas, número de ovos ovipositados por fêmea, número total de ovos e de larvas eclodidas e viabilidade dos ovos, apresentando somente valores absolutos, não foram submetidas à análise de variância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância

Após a análise de atendimento às pressuposições básicas conforme Banzatto e Kronka (2008) realizou-se a análise de variância para todas variáveis (Tabelas 3 e 4) revelando diferenças significativas.

Tabela 3. Análises de variância das variáveis tempo de duração da fase larval (T), massa final de lagartas (Mf), massa total de lagartas (Mt), massa média de lagartas (Mm), massa de pupa (Mp), período pupal (Pp) área foliar consumida (AFC), massa foliar ingerida (I). Maringá-PR, 2013

FV	GL	QM							
		T (dias)	Mf (g)	Mt (g)	Mm (g)	Mp (g)	Pp (dias)	AFC (cm ²)	I (g)
Genótipos	17	56,20*	0,09*	1,60*	0,006*	0,024*	27,73*	49.077,76*	5,09*
Erro	477	4,71	0,0062	0,17	0,00048	0,0006	1,25	1.051,21	0,18
Total	494	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		12,95	14,44	16,63	14,63	10,92	9,81	15,41	14,56

*p<0,05

Tabela 4. Análise de variância das variáveis taxa de consumo relativo (TCR), taxa de crescimento relativo (TCREL), eficiência de conversão de alimento ingerido (ECI), e eficiência de conversão de alimento digerido (ECD), digestibilidade aparente (DA), alimento assimilado (A) e massa de fezes (F). Maringá-PR, 2013

FV	GL	QM						
		TCR (g/g * dia)	TCREL (g/g/dia)	ECI (%)	ECD (%)	DA (%)	A (g)	F (g)
Genótipos	17	0,53*	1,38*	94,44*	2.102,90*	770,78*	1,17*	3,22*
Erro	477	0,03	0,14	7,18	196,50	55,60	0,07	0,12
Total	494	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)		15,46	26,86	14,17	23,54	22,12	27,19	17,73

*p<0,05

Observou-se que as variáveis estudadas apresentam diferenças significativas à 5% de probabilidade. Desta forma, procedeu-se a aplicação do teste de agrupamento de Scott-Knott (1974) (p<0,10).

Cabe ainda ressaltar que os valores de coeficiente de variação das variáveis analisadas são relativamente reduzidos para a maioria destas, sendo classificadas como apresentando média dispersão relativa dos dados (BANZATTO & KRONKA, 2008).

4.2 Teste de agrupamentos de Scott-Knott e variáveis absolutas do ciclo biológico

4.2.1 Estágio larval

Na Tabela 5 é possível observar os resultados do teste de agrupamentos de Scott-Knott a 10% de probabilidade para as seguintes variáveis do ciclo biológico: tempo de duração do período larval (T), massa final de lagartas (Mf), massa total de lagartas (Mt) e massa média de lagartas (Mm).

Tabela 5. Variáveis do ciclo biológico das lagartas alimentadas pelos genótipos de milho pipoca sendo: tempo de duração da fase larval (T), massa final de lagartas (Mf), massa total de lagartas (Mt) e massa média de lagartas (Mm). Maringá-PR, 2013

Genótipo ¹	Tempo da fase larval (dias)	Massa Final de Lagartas (g)	Massa Total de Lagartas (g)	Massa Média de lagartas (g)
PARA 172	19,96 a	0,3917 d	2,3328 c	0,1180 e
UNB-2U C4	19,61 a	0,5685 b	2,9845 a	0,1535 c
BOZM 260	19,00 a	0,4346 c	2,2815 c	0,1199 e
Zapalote Chico	17,56 b	0,5531 b	2,4019 c	0,1371 d
PARA 170	17,52 b	0,5445 b	2,7960 b	0,1619 b
PA 091	17,11 b	0,4320 c	2,3300 c	0,1375 d
IAC-125	16,88 b	0,5143 b	2,5213 c	0,1494 c
BRS 1030	16,65 b	0,5875 a	2,3523 c	0,1420 d
ARZM 07 049	16,55 b	0,5737 a	2,6001 b	0,1584 b
URUG 298 Roxo	16,53 b	0,6119 a	2,9228 a	0,1783 a
SAM	16,29 b	0,5502 b	2,7073 b	0,1676 a
CHZM 130134	16,07 c	0,5781 a	2,4252 c	0,1507 c
SE 013	16,00 c	0,6006 a	2,7278 b	0,1709 a
PR-023	15,93 c	0,5641 b	2,2925 c	0,1433 d
ARZM 05 083	15,63 c	0,5616 b	2,4551 c	0,1599 b
BOYA 462	15,14 c	0,5993 a	2,2754 c	0,1500 c
ARZM 13050	15,14 c	0,5413 b	2,1866 c	0,1446 d
URUG 298 amar.	15,10 c	0,5652 b	2,2394 c	0,1481 c

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), a 10% de probabilidade.

4.2.1.1 Tempo de duração da fase larval (T)

Os genótipos que proporcionaram maior comprimento do ciclo das lagartas foram BOZM 260, UNB-2U C4 e PARA 172, com 19,00, 19,61 e 19,96 dias, respectivamente. URUG 298 amarelo, BOYA 462, ARZM 13050, ARZM 05 083, PR-023, SE 013 e CHZM 130134 não diferiram estatisticamente ($p < 0,10$) entre si, apresentando valores de período

larval reduzidos em relação aos demais genótipos, variando de 15,10 a 16,07 dias, conforme destacado na Figura 6.

Intermediariamente, as testemunhas BRS 1030, IAC-125 e Zapalote Chico tiveram valores de 16,65, 16,88 e 17,56 dias, respectivamente, não apresentando diferença estatística entre si e entre os genótipos PARA 170, PA 091, ARZM 07 049, URUG 298 roxo e SAM, quanto ao tempo de duração da fase larval.

Cunha et al. (2008) relatam que a duração da fase larval pode sofrer alterações de acordo com a qualidade nutricional do alimento fornecido, existindo uma tendência de que a lagarta prolongue seu ciclo se o genótipo for um mau hospedeiro.

Silveira et al. (1997), estudando a interferência de genótipos no ciclo biológico da lagarta-do-cartucho, observaram que o genótipo que promoveu maior duração do período larval foi MP 707, com 17,5 dias. No mesmo experimento, o genótipo Zapalote Chico promoveu duração de 17,2 dias, não diferindo de MP 707. Contudo, foi muito superior a IAC103 N, que teve duração do período larval de 14 dias. Por ser Zapalote Chico reconhecidamente possuidor de genes de resistência à praga estudada, o autor supõe que a presença de resistência, por meio da má adequação do alimento ao crescimento da praga, provoca o prolongamento da fase larval.

Rosa et al. (2012) observaram a duração do período larval em linhagens de milho, variando entre 10,7 dias na linhagem M89611 e 21,7 dias na linhagem M89374, observando assim o efeito do genótipo de milho na duração do período larval.

Costa et al. (2006) obtiveram duração média total da fase larval de 16,73 dias em lagartas alimentadas com folhas do genótipo P32R21.

Barros et al. (2010) relatam que o período médio larval de *S. frugiperda* alimentada com folhas de milho foi de 14,5 dias, podendo chegar a 22,3 dias em lagartas alimentadas com maçãs de algodoeiro. De acordo com Rosa e Barcelos (2012), o período larval pode variar conforme as condições de temperatura e disponibilidade de alimento, ocorrendo de cinco a sete ínstares nesta fase, mas geralmente é de 30 dias, mas em condições de menor temperatura pode atingir 50 dias.

Giolo et al. (2002) avaliaram a duração da fase larval em lagartas alimentadas com dieta artificial, variando de 14,10 dias para lagartas provenientes de Pelotas – RS, a 16,45 dias para lagartas provenientes de Santa Rosa – RS, ambas coletadas na cultura do milho.

4.2.1.2 Massa final das lagartas

Após a análise observou-se a formação de quatro grupos pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. O primeiro grupo apresentou biomassa média de lagartas entre 0,5737 e 0,6119 gramas, representados pelos genótipos URUG 298 Roxo, SE 013, BOYA 462, BRS 1030, CHZM 130134 e ARZM 07 049 em ordem decrescente. O quarto grupo foi constituído pelo genótipo PARA 172, com o valor de biomassa média final de lagartas de 0,3917g, denotando a possível presença de resistência neste genótipo, pois seu valor foi menor que o de Zapalote Chico e IAC-125, como podem ser vistos na Figura 6, enquadrados no segundo grupo, com valores de 0,5531g e 0,5143g respectivamente.

Destacam-se ainda PA 091 com 0,4320 g e BOZM 260 com 0,4346 g, pois, estão entre os genótipos que proporcionaram menor crescimento das lagartas.

Silveira et al. (1997), verificando a interferência de genótipos de milho no desenvolvimento de *S. frugiperda*, observaram que, aos 10 dias de idade, as lagartas alimentadas com folhas do genótipo IAC 103 N apresentaram biomassa média de 0,377g, enquanto em Zapalote Chico apresentaram biomassa média de 0,109g. Já o genótipo MP 707 apresentou valor ainda menor, 0,089g, caracterizando segundo estes autores, a presença de resistência em relação a esta variável. Atribuíram ainda o menor crescimento das lagartas em Zapalote Chico à presença dos genes chamados de B e P1, relacionados, segundo o autor, à produção de fitoalexinas, que conferem resistência às pragas do milho.

De maneira semelhante Viana e Potenza (2000) obtiveram aos 13 dias o menor valor de biomassa de lagartas (0,322g) para o genótipo CMS 14C e o maior valor (0,498g) para o genótipo BR 201, não diferindo do genótipo Zapalote Chico que apresentou a biomassa de 0,431g aos 13 dias.

4.2.1.3 Massa total das lagartas

Houve a formação de três agrupamentos dos genótipos estudados para a variável massa total de lagartas, pelo teste de agrupamentos de Scott-Knott ($p < 0,10$). Destacaram-se os genótipos UNB-2U C4 e URUG 298 Roxo (2,9845 e 2,9228 g) com os maiores valores de massa total de lagartas, o que poderia caracterizar estes genótipos como bons hospedeiros para os insetos, porém observa-se que, conforme descrito anteriormente, o tempo de duração da fase larval para o genótipo UNB-2U C4 sofreu prolongamento. Observando-se os dados de outras variáveis biológicas obtidas com este genótipo no presente trabalho, foi possível observar que o mesmo não se enquadra como bom hospedeiro.

As testemunhas comerciais de milho comum BRS 1030 e Zapalote Chico e de milho pipoca IAC-125 se enquadraram juntamente com os genótipos PARA 172, BOZM 260, PA 091, CHZM 130134, PR-023, ARZM 05 083, BOYA 462, ARZM 13050 e URUG 298 amarelo no agrupamento que apresentou menores valores médios de massa total de lagartas, não havendo diferenças significativas entre os mesmos.

4.2.1.4 Massa média das lagartas

Ocorreu formação de cinco agrupamentos, destacando-se (Figura 6) o quarto agrupamento com os genótipos ARZM 13050, PR-023, BRS 1030, PA 091 e Zapalote Chico, com valores entre 0,1371g e 0,1446g e o quinto agrupamento com os genótipos PARA 172 e BOZM 260 e com os valores 0,1180g e 0,1199g.

A testemunha comercial de milho pipoca IAC-125 enquadrou-se no terceiro grupo com o valor de 0,1494g. Os maiores valores obtidos foram dos genótipos URUG 298 roxo (0,1783g), SE 013 (0,1709g) e SAM (0,1676g). A redução da biomassa média das lagartas ocorre geralmente em razão da reduzida massa total de lagartas e/ou período larval prolongado que são conferidas pela presença de resistência das plantas.

4.2.1.5 Viabilidade larval

A viabilidade larval expressa o valor de indivíduos sobreviventes em relação aos indivíduos testados. Na Tabela 6 estão os valores de viabilidade larval de *S. frugiperda*, alimentadas com os diferentes genótipos testados.

Os genótipos BOZM 260 e PARA 172 apresentaram menor viabilidade larval em relação aos outros genótipos, apresentando os valores de 80,00% e 83,33%. É importante ressaltar que estes dois genótipos estão entre os que apresentaram maiores tempos de fase larval e menores valores de massa total de lagartas (Figura 6), fatos que inferem sobre a possível existência de resistência dos genótipos ao desenvolvimento do inseto estudado.

Lima et al. (2006), em seus experimentos de laboratório, relataram que os acessos mais consumidos (AM 013, RO 009 e MA 002) foram os acessos que tiveram menor viabilidade larval, o que não foi observado nos genótipos BOZM 260 e PARA 172, situação que seria considerada como presença de resistência por antibiose.

Barros et al. (2010) observaram valores de viabilidade larval em lagartas alimentadas com folhas de milho acima de 90%, demonstrando a eficiência de colonização do milho pelas larvas de *S. frugiperda*. Sarro (2006) em suas pesquisas com biologia de *S. frugiperda* obteve valores de viabilidade larval no genótipo AL 25 de milho igual a 99%.

Tabela 6. Viabilidade larval de *S. frugiperda* alimentadas por diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013

Genótipo	Nº de lagartas sobreviventes	Nº total de indivíduos	Porcentagem de viabilidade larval
ARZM 05 083	30	30	100,00
Zapalote Chico	30	30	100,00
URUG 298 amarelo	29	30	96,67
BOYA 462	29	30	96,67
ARZM 13050	29	30	96,67
CHZM 130134	29	30	96,67
ARZM 07 049	29	30	96,67
SE 013	28	30	93,33
SAM	28	30	93,33
PR-023	27	30	90,00
PA 091	27	30	90,00
PARA 170	27	30	90,00
URUG 298 Roxo	26	30	86,67
BRS 1030	26	30	86,67
IAC-125	26	30	86,67
UNB-2U C4	26	30	86,67
PARA 172	25	30	83,33
BOZM 260	24	30	80,00

Os valores obtidos por Barros et al. (2010), foram próximos aos resultados obtidos na maioria dos genótipos estudados no presente trabalho, inclusive as testemunhas comerciais. Zapalote Chico apresentou 100% de viabilidade larval, e BRS 1030 e IAC-125 apresentaram 86,67%.

Rosa et al. (2012) constataram viabilidade larval reduzida de linhagens testadas (M89374, M89287, M89611, M89601 e M89420), variando de 11 a 46%, os autores atribuem estes valores reduzidos a ingestão de alimento que não proporcionou a nutrição adequada aos insetos.

Sá et al. (2009) constataram em seus estudos de biologia de *S. frugiperda* que lagartas alimentadas com folhas de milho tiveram viabilidade de 85%, sendo este valor, em geral, menor que os valores observados no presente experimento.

A viabilidade larval de *S. frugiperda* nem sempre é alterada pela ingestão de folhas de genótipos resistentes. Silveira et al. (1997) registraram altos valores de viabilidade em lagartas alimentadas com folhas do acesso Zapalote Chico, considerado pelos autores como um genótipo que proporciona menor crescimento do inseto, corroborando os dados obtidos de viabilidade larval. Os mesmos autores obtiveram valor de viabilidade larval menor para o genótipo IAC 701 BP1, que apresenta os genes B e P1, em relação ao IAC 701 N, e

atribuiu esta ocorrência ao efeito destes genes, pois a partir do décimo dia a linhagem com os genes B e P1 proporcionou mortalidade larval quatro vezes maior que IAC 701 N.

4.2.2 Estágio de pupa

Na Tabela 7 constam os dados referentes aos resultados do teste de Scott-Knott ($p < 0,10$) para as variáveis: massa de pupas (Mp) e período pupal (Pp).

4.2.2.1 Massa de pupas

A variável massa de pupas (Tabela 7) apresentou formação de vários agrupamentos, sendo formadas oito classes. Destacam-se com reduzidos valores médios de massa de pupa em relação aos demais genótipos testados, como pode ser visto na Figura 6, os genótipos UNB-2U C4 (0,1893g) e PARA 170 (0,1977g) pertencentes ao antepenúltimo grupo, o genótipo PA 091 (0,1781g) pertencente ao penúltimo grupo e os genótipos PARA 172 (0,1551g) e BOZM 260 (0,1658g) no último grupo com os menores pesos.

Observa-se ainda que BOZM 260, UNB-2U C4 e PARA 172 foram os genótipos que apresentaram maiores períodos larvais, com cerca de 19 a 20 dias de duração, valor elevado em relação aos valores observados por outros autores citados anteriormente. PARA 172 e BOZM 260 apresentaram ainda menores valores de massa média de lagartas, estando estes também entre os genótipos que tiveram menor massa total de lagartas e massa final de lagartas, caracterizando a presença de resistência nestes genótipos.

BRS 1030, Zapalote Chico e IAC-125 enquadraram-se distintamente nos agrupamentos, apresentando massa média de pupas de 0,2360g, 0,2287g e 0,2163g respectivamente, sendo estes valores intermediários aos encontrados nos genótipos do presente trabalho.

Em geral, é possível observar que os pesos pupais seguiram o mesmo padrão de peso de lagartas, conforme evidenciado na Figura 6. O resultado do presente trabalho que difere dos resultados obtidos por Silveira et al. (1997), que relatam baixos pesos de lagartas e elevados valores de biomassa pupal para alguns genótipos testados, inclusive Zapalote Chico. Segundo estes autores, pode ter ocorrido uma ação compensatória de prolongamento do período larval, com maior tempo de alimentação, já que o peso larval foi avaliado somente aos 10 dias de vida.

Silveira et al. (1997) destacam novamente para a variável massa de pupas os efeitos dos genes B e P1, pois a linhagem IAC 103 BP1 apresentou significativa diferença

de massa de pupas em relação à IAC 103 N, que não possui estes genes, confirmando a resistência.

Tabela 7. Variáveis do ciclo biológico das lagartas alimentadas pelos genótipos de milho pipoca sendo: massa de pupas (Mp) e período pupal (PP). Maringá-PR, 2013

Genótipo ¹	Massa de pupas (g)	Período pupal (dias)
BOYA 462	0,2559 a	10,15 d
PR-023	0,2558 a	10,29 d
CHZM 130134	0,2537 a	10,00 d
URUG 298 amarelo	0,2434 b	10,03 d
ARZM 13050	0,2420 b	10,25 d
BRS 1030	0,2360 b	12,48 a
Zapalote Chico	0,2287 c	12,72 a
URUG 298 Roxo	0,2260 c	11,96 b
IAC-125	0,2163 d	12,88 a
ARZM 07 049	0,2154 d	12,23 b
ARZM 05 083	0,2077 e	11,79 b
SE 013	0,2068 e	12,20 b
SAM	0,2006 e	11,96 b
PARA 170	0,1977 f	12,24 b
UNB-2U C4	0,1893 f	11,95 b
PA 091	0,1781 g	10,88 c
BOZM 260	0,1658 h	10,06 d
PARA 172	0,1551 h	10,61 c

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), a 10% de probabilidade.

As observações acima permitem supor que os genótipos BOZM 260, UNB-2U C4 e PARA 172 não são adequados como fonte de alimento, caracterizando a presença de resistência do tipo antibiose destes genótipos, o que prejudica o desenvolvimento dos insetos.

4.2.2.2 Período pupal

Na avaliação do período pupal, houve a formação de quatro agrupamentos pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,10$). As testemunhas comerciais se enquadraram no grupo dos maiores valores de período pupal com 12,88 dias para IAC-125, 12,72 dias para Zapalote Chico e 12,48 dias para BRS 1030.

Sarro (2006) relatou que o tempo médio da fase de pupa para lagartas alimentadas com folhas de milho AL 25 foi de 10,35 dias. Viana e Potenza (2000) verificaram que a duração da fase pupal de CMS 24 (11 dias) e BR 201 (11,2 dias) foi relativamente menor que do genótipo Zapalote Chico, que apresentou 11,8 dias de período pupal.

Rosa et al (2012) obtiveram valores de duração da fase de pupa das linhagens M89287, M89420 e M89374 de 10,1 dias , 9,7 dias e 9,7 dias respectivamente.

Os menores valores de período pupal foram obtidos nos genótipos URUG 298 amarelo, BOYA 462, ARZM 13050, PR-023, CHZM 130134 e BOZM 260, ficando entre 10,00 e 10,29 dias.

4.2.2.3 Viabilidade pupal

Observa-se na Tabela 8 que os valores de viabilidade pupal foram relativamente altos, variando de 70,00% para o genótipo BOZM 260 a 100,00% para o genótipo Zapalote Chico. De maneira semelhante, Silveira et al. (1997) obtiveram valores de viabilidade pupal entre 89,1% para o genótipo Mp 701 e 100% para os genótipos Mp 706 e IAC 701 BP1.

Tabela 8. Viabilidade pupal e porcentagem de deformações de indivíduos de *S. frugiperda* alimentados com diferentes genótipos de milho pipoca. Maringá-PR, 2013

Genótipo	Viabilidade pupal (%)	Deformações (%)
Zapalote Chico	100,00	3,33
URUG 298 amarelo	96,67	3,33
BOYA 462	96,67	0,00
ARZM 13050	96,67	3,33
CHZM 130134	96,67	0,00
ARZM 05 083	93,33	3,33
ARZM 07 049	93,33	6,67
PR-023	90,00	6,67
SAM	90,00	3,33
PA 091	90,00	3,33
SE 013	86,67	6,67
IAC-125	86,67	3,33
PARA 170	86,67	6,67
URUG 298 Roxo	83,33	3,33
BRS 1030	83,33	6,67
UNB-2U C4	76,67	6,67
PARA 172	76,67	13,33
BOZM 260	70,00	3,33

O genótipo Zapalote Chico, no mesmo trabalho de Silveira et al. (1997), apresentou valor de viabilidade pupal de 93,3%, valor elevado em relação aos outros genótipos, o que corrobora os dados do presente trabalho. Estes autores relatam que a variável viabilidade pupal não foi afetada significativamente pelos genótipos utilizados, incluindo Zapalote Chico que apresenta resistência à praga.

De acordo com Scriber e Slansky Junior (1981), a redução da viabilidade pupal pode ser uma resposta a mecanismos de resistência que interferem na nutrição e desenvolvimento das lagartas, podendo ser esta a explicação dos menores valores obtidos para BOZM 260 (70%), PARA 172 (76,67%) e UNB-2U C4 (76,67%).

Rosa et al. (2012) obtiveram o maior valor de viabilidade pupal (90%) na linhagem M89601, e o menor valor (66,7%) na linhagem M89611. Estes valores estão próximos dos dados de Cunha et al. (2008), que constataram viabilidades entre 49,9 e 91,4%.

4.2.2.4 Porcentagem de deformações

Os valores de deformações foram relativamente baixos, variando de 0,0% para BOYA 462 e CHZM 130134 a 13,33% para PARA 172. Silveira et al. (1997) computaram valores de 6,2% a 30,6% de insetos deformados nos genótipos Mp 496 e IAC 701 BP1, destacando-se o genótipo Zapalote Chico, que possui conhecida resistência à lagarta-do-cartucho, com o valor de 11,1% de insetos deformados.

No presente trabalho Zapalote Chico apresentou apenas 3,33% de deformações, valor igual ao de IAC-125 e BOZM 260. BRS 1030 teve porcentagem de deformações de 6,67%.

Rosa et al. (2012) relatam deformações de pupas e adultos de até 25%. A maioria dos indivíduos apresentou asas tortas e curtas na fase adulta, do mesmo modo que as deformações verificadas nos genótipos aqui estudados.

Sarro (2006) encontrou para os genótipos IAC 23 (19%) e CNPA ITA 90 os maiores valores de porcentagem de adultos defeituosos (18%), valores que se encontram próximos aos obtidos por Silveira et al. (1997).

4.2.3 Estágio adulto

Na Tabela 9 encontram-se os dados de viabilidade de adultos, proporção de machos e fêmeas dos insetos e número de ovos por fêmea em cada um dos genótipos deste experimento.

4.2.3.1 Viabilidade de adultos

Os genótipos que apresentaram menores valores de viabilidade de adultos (Tabela 11) foram PA 091 e BOZM 260 (com 53,33%) e PARA 172 (60,00%), destacando-se estes

dois últimos por proporcionarem menor adequação à sobrevivência da praga em relação às diversas variáveis já analisadas, como confirmado na Figura 6.

Tabela 9. Viabilidade de adultos, proporção machos/fêmeas e relação número de ovos/fêmea de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013

Genótipo	Viabilidade de adultos (%)	Proporção de machos e fêmeas	Número de ovos/fêmea
URUG 298 amarelo	96,67	1,15	428,5
Zapalote Chico	96,67	1,0	379,3
ARZM 13050	93,33	1,45	430,5
CHZM 130134	93,33	0,75	400,9
BRS 1030	90,00	0,92	60,0
BOYA 462	90,00	0,8	367,7
SAM	86,67	0,92	246,9
ARZM 07 049	86,67	0,5	320,8
SE 013	83,33	1,3	538,0
IAC-125	80,00	1,88	676,9
URUG 298 Roxo	80,00	1,55	862,0
ARZM 05 083	80,00	0,92	882,8
PR-023	80,00	0,47	354,3
UNB-2U C4	73,33	1,0	644,4
PARA 170	70,00	1,11	433,3
PARA 172	60,00	0,75	176,3
PA 091	53,33	0,88	265,0
BOZM 260	53,33	0,5	149,0

Em geral, a inadequação do alimento afeta o desenvolvimento do inseto e reduz a viabilidade dos adultos. Apesar disto, Zapalote Chico, apresentou viabilidade de 96,67%, não sendo esta variável um bom parâmetro de verificação de resistência deste genótipo. BRS 1030 que também é testemunha deste experimento por possuir resistência à praga estudada, apresentou viabilidade de adultos relativamente alta (90%).

4.2.3.2 Proporção machos/fêmeas

A média de proporção machos/fêmeas obtida entre os genótipos testados foi de 0,99 macho/fêmea, sendo que Zapalote Chico teve proporção machos/fêmeas de 1,0 macho/fêmea e BRS 1030 de 0,92 macho/fêmea, valores considerados dentro do esperado por Costa et al. (2006), que encontraram valores de proporção machos/fêmeas de 1,11 machos por fêmea de *S. frugiperda* alimentados com folhas do genótipo P32R21.

É cabível supor que o valor de proporção machos/fêmeas esperada no presente experimento seria por volta de 1, e qualquer valor significativamente diferente deste seria uma expressão de alteração causada pelo alimento ingerido.

O genótipo IAC-125 apresentou proporção de 1,88 machos/fêmea, seguido pelo genótipo URUG 298 roxo com 1,55 e ARZM 13050 com 1,45 machos/fêmea, fato este de grande importância para a reprodução da espécie, pois pode causar redução da taxa reprodutiva devido ao maior valor de machos na população dos insetos.

PR-023, BOZM 260, ARZM 07 049 e PARA 172 apresentaram respectivamente 0,47, 0,50, 0,50 e 0,75 machos/fêmea, sendo valores reduzidos de machos em relação às fêmeas, o que poderia também afetar a população do inseto, caracterizando possível alteração ocasionada pelo alimento ingerido. Silveira et al. (1997) encontraram valor de proporção macho/fêmea em Zapalote Chico próximo ao obtido no presente trabalho, porém afirmam que não existiu em seus experimentos correlação entre as variáveis peso de lagartas, período larval, viabilidade larval, viabilidade pupal e massa de pupas em relação à proporção macho/fêmea.

Zimmermann et al. (2011) obtiveram em seus estudos de aspectos biológicos de *S. frugiperda* em diferentes plantas hospedeiras, valores de razão sexual por volta de 1,0, não havendo desta maneira diferenças significativas entre os alimentos soja, algodão, trigo, aveia, milho e dieta artificial.

4.2.3.3 Número de ovos/fêmea

Destaca-se que o genótipo BRS 1030 foi o que proporcionou menor número de ovos por fêmea (60,0 ovos/fêmea), seguido por BOZM 260 (149 ovos/fêmea) e PARA 172 (176,3 ovos/fêmea). Comparativamente, IAC-125 apresentou número de ovos por fêmea elevado (676,9). Zapalote Chico apresentou valor intermediário, com cerca de 379,3 ovos/fêmea.

No trabalho de Barros et al. (2010), sobre biologia de *S. frugiperda* em diferentes dietas, pode-se verificar que a dieta com a presença do milho apresentou número de ovos por fêmea de 1727,8, valor muito acima dos valores encontrados por outros autores, a campo e em laboratório, sem o uso de dietas, tornando possível inferir sobre as diferenças do ciclo de lagartas alimentadas com dieta artificial, que apresenta elevada adequação à nutrição do inseto.

De acordo com Ávila et al. (1997) o número de ovos é muito variável, podendo chegar a mil ovos por fêmea na cultura do milho. Lopes et al. (2008) observaram o total de

1.125 ovos por fêmea de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de mandioca. Siloto (2002) obteve número de oviposições de *S. frugiperda* em milho entre 1.121 e 1.248 ovos por fêmea.

Sarro (2006) observou que as fêmeas alimentadas na fase larval com folhas do genótipo IAC 23 apresentaram média de 78 ovos, sendo este o menor valor obtido pelo autor. Os maiores valores foram obtidos quando as fêmeas foram alimentadas com os genótipos CNPA ITA 90, com média de 184 ovos e DP 4049 com 122 ovos, valores abaixo da média obtida no presente trabalho, no qual URUG 298 roxo e ARZM 05083 foram os genótipos que proporcionaram maior número de ovos ovipositados por fêmea de *S. frugiperda*, sendo 862,0 e 882,8 ovos respectivamente.

4.2.4 Estágio de ovo

4.2.4.1 Viabilidade de ovos

Realizou-se a contagem de larvas eclodidas em relação ao número total de ovos ovipositados por tratamento. Os dados de viabilidade estão na Tabela 10.

Tabela 10. Viabilidade de ovos de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013

Genótipo	Número total de ovos	Número total de larvas eclodidas	Viabilidade de ovos (%)
ARZM 05 083	10.594	6.584	62,1
URUG 298 Roxo	7.758	3.130	40,3
UNB-2U C4	6.444	3.913	60,7
CHZM 130134	6.415	4.452	69,4
URUG 298 amarelo	5.570	3.826	68,7
BOYA 462	5.515	3.853	69,9
IAC-125	5.415	2.529	51,32
SE 013	5.380	2.279	42,4
PR-023	5.315	3.490	65,5
Zapalote Chico	5.310	5.030	94,73
ARZM 07 049	5.132	2.878	56,1
ARZM 13050	4.735	3.220	68,0
PARA 170	3.900	2.442	62,6
SAM	3.210	1.061	33,1
PA 091	2.120	1.720	81,13
BOZM 260	1.490	1.230	82,55
PARA 172	1.410	1.280	90,78
BRS 1030	780	455	58,33

Tratando da viabilidade dos ovos, a maioria dos genótipos estudados apresentaram viabilidade alta, sendo que o genótipo SAM apresentou o menor valor (33,1%) e o genótipo Zapalote Chico apresentou o maior valor de viabilidade (94,73%).

Giolo et al. (2002) relataram que as populações de *S. frugiperda* provenientes de Santa Rosa – RS e Pelotas – RS, coletadas na cultura do milho e alimentadas com dieta artificial, apresentaram valores reduzidos, cerca de 40% de viabilidade de ovos.

Lopes et al. (2008) obtiveram viabilidade de ovos de *S. frugiperda*, alimentados com folhas de mandioca na fase larval, de 70,84%, valor próximo ao obtido na maioria dos genótipos avaliados nesse experimento.

Muitas vezes, a resistência de uma planta pode ser manifestada na biologia do inseto, prejudicando o crescimento da população do mesmo (LARA, 1991). Segundo Silveira et al. (1997) a fase larval de *S. frugiperda* é mais afetada pela presença de resistência do que a fase pupal, devendo-se considerar na tomada de decisão quanto à presença de resistência, que as variáveis desta fase são mais adequadas para classificação dos genótipos testados.

4.3 Teste de Scott-Knott (1974) das variáveis do Consumo de alimento

Na Tabela 11 estão dispostos os resultados das variáveis da nutrição quantitativa consumo médio de área foliar (cm²) e massa foliar (g).

4.3.1 Área foliar consumida (AFC)

Para Parra (1991) a medição da área foliar consumida é uma maneira de se medir os efeitos de antibiose de uma planta sobre a biologia da lagarta-do-cartucho dentre outros insetos mastigadores, sendo ainda um indicativo da qualidade nutricional de diferentes genótipos, auxiliando ainda na verificação da existência da reação de não-preferência.

Obteve-se, como pode ser observado na Tabela 11 a seguir, a separação de sete agrupamentos com diferenças significativas entre os tratamentos estudados pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,10$) para esta variável.

Os genótipos BOZM 260, BRS 1030, PA 091 e PARA 172 apresentaram menores áreas foliares consumidas sendo respectivamente 157,44 cm², 157,11 cm², 154,16 cm² e 142,51 cm². No grupo com maior área foliar consumida, está o acesso UNB-2U C4 que apresenta o valor de 282,49 cm². Destacam-se no segundo grupo como pode ser visto na Figura 6, com maior área foliar consumida os genótipos SE 013 (262,05 cm²), URUG 298 roxo (256,24 cm²) e SAM (254,93 cm²).

A testemunha de milho pipoca IAC-125 teve intermediário valor de área foliar consumida em relação aos acessos testados, enquadrando-se no terceiro maior grupo de consumo, com o valor de 243,67 cm².

Tabela 11. Área foliar consumida (AFC) e massa foliar ingerida (I) da nutrição quantitativa de lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com diferentes genótipos de milho pipoca durante todo seu período larval. Maringá-PR, 2013.

Genótipo ¹	Médias	
	Área foliar Consumida	Massa Foliar Ingerida
UNB-2U C4	282,49 a	3,58 a
SE 013	262,05 b	3,47 a
URUG 298 Roxo	256,24 b	3,53 a
SAM	254,93 b	3,11 b
ARZM 07 049	249,09 c	3,21 b
IAC-125	243,67 c	3,13 b
PARA 170	237,68 c	3,06 b
CHZM 130134	215,02 d	3,03 b
ARZM 05 083	212,22 d	2,95 c
BOYA 462	210,76 d	3,17 b
URUG 298 amarelo	195,34 e	3,07 b
PR-023	192,68 e	2,94 c
ARZM 13050	187,19 e	2,77 c
Zapalote Chico	170,04 f	2,62 d
BOZM 260	157,44 g	2,26 f
BRS 1030	157,11 g	2,42 e
PA 091	154,16 g	2,26 f
PARA 172	142,51 g	2,09 f

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), a 10% de probabilidade.

Segundo Viana e Potenza (2000) o consumo superior indica que o inseto não está tendo a sua nutrição satisfeita adequadamente, assim precisa ingerir maior quantidade de alimento para completar o seu ciclo biológico, sendo uma reação de antibiose. Por outro lado, reduzidos valores como os obtidos em BOZM 260, BRS 1030, PA 091 e PARA 172, caracterizam-nos também como apresentando resistência.

Estes autores relatam ainda que lagartas que foram alimentadas com folhas do genótipo CMS 14C consumiram 156,5 cm² de área foliar entre o sexto dia após eclosão e o final da fase larval e que lagartas alimentadas com folhas do genótipo CMS 24 e Zapalote Chico consumiram 134,0 cm² e 133,5 cm² respectivamente.

Zapalote Chico teve o valor de área foliar consumida de 170,04 cm², estando próximo aos valores do agrupamento com menores valores de AFC. Este valor foi superior

ao relatado por Viana e Potenza (2000), mas deve-se levar em conta que as lagartas no presente experimento foram alimentadas desde o terceiro dia após a eclosão com folhas do referido genótipo, proporcionando maior período de alimentação.

Costa et al. (2006) obtiveram em seu experimento de consumo foliar e preferência de *S. frugiperda* por cultivares de milho e sorgo, consumo total das folhas de milho do genótipo P32R21 pelas lagartas de $207,13 \pm 15,72$ cm² em 6 ínstaes do estágio larval.

De acordo com Sarro (2006), as lagartas consomem uma área foliar maior se o genótipo apresentar folhas mais finas, havendo uma relação direta com o teor de matéria seca, podendo este consumo acarretar numa maior perda de área fotossintética. Este problema é facilmente corrigido nas análises pela obtenção e análise da massa média das folhas ingeridas pelos insetos.

4.3.2 Massa foliar ingerida (I)

Avaliando-se a massa foliar consumida (g) pelas lagartas nos 18 genótipos estudados, foram observadas diferenças significativas e obteve-se a formação de seis grupos distintos conforme dados da Tabela 11.

Foi possível observar que, assim como na análise de área foliar, a massa foliar obteve resultado semelhante. Os genótipos BOZM 260, PA 091, PARA 172 e BRS 1030 apresentaram menores valores de massa foliar consumida, situados entre 2,09 gramas e 2,42 gramas. Os genótipos que apresentaram maiores valores de massa foliar consumida foram UNB-2U C4, com 3,58 gramas, URUG 298 roxo, com 3,53 gramas e SE 013, com 3,47 gramas, não havendo diferenças significativas entre estes genótipos.

IAC-125 enquadra-se no segundo maior grupo de massa foliar ingerida com o valor de 3,13 gramas. Zapalote Chico está no quarto grupo com 2,62 gramas.

De acordo com Scriber e Slansky Júnior (1981) a quantidade e a qualidade do alimento ingerido, durante a fase larval, afetam a taxa de crescimento, o tempo de desenvolvimento, o peso corporal, entre outras, explicando os valores observados nas variáveis do ciclo biológico da praga.

Observou-se que o genótipo UNB-2U C4 apresentou um prolongamento do período larval (19,61 dias), o que pode estar ocorrendo em resposta à inadequação do alimento ao seu crescimento, tendo em vista que este genótipo teve maior área e massa foliar consumidas (Figura 6). Segundo Lima et al. (2006), a resistência de um genótipo à lagarta-do-cartucho pode ser observada pela inadequação desse genótipo como alimento,

acarretando uma baixa taxa de desenvolvimento do inseto, caracterizando a presença de antibiose.

Inversamente, os genótipos PARA 172 e BOZM 260, que também apresentaram prolongamento do período larval (19,96 e 19,00 dias respectivamente), estão entre os genótipos que tiveram reduzidas área e massa foliar consumida (Tabela 11). Conseqüentemente, os valores de massa média de lagartas incidentes sobre tais genótipos são reduzidos em relação aos outros, caracterizando a presença de resistência.

4.4 Teste de Scott-Knott (1974) dos índices de consumo e utilização

Os dados de índices de consumo e utilização das variáveis taxa de consumo relativo, taxa de crescimento relativo, eficiência de conversão de alimento ingerido e eficiência de conversão de alimento digerido das lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com folhas dos genótipos testados estão dispostos na Tabela 12.

4.4.1 Taxa de consumo relativo

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, evidenciando-se as diferenças pela formação de 5 grupos distintos (Tabela 12).

Os genótipos BRS 1030, BOZM 260, PA 091 e PARA 172 destacaram-se por apresentarem uma menor taxa de consumo relativo, sendo 1,0311 g/g*dia, 1,0073 g/g*dia e 0,9780 g/g*dia respectivamente formando o penúltimo agrupamento sem haver diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,10$) entre estes genótipos e 0,8988 g/g*dia para PARA 172 no quinto agrupamento. As testemunhas comerciais Zapalote Chico e IAC-125 tiveram valores de taxa de consumo relativo intermediárias em relação aos genótipos aqui testados, com 1,1279 g/g*dia e 1,2682 g/g*dia.

Em geral os genótipos que apresentaram valores menores de taxa de consumo relativo apresentam: maiores períodos larvais, consumo reduzido de alimento na fase larval (Figura 6), como é o caso dos genótipos BRS 1030 (157,11 cm²) e PA 091 (154,16cm²) ou as duas situações como os genótipos BOZM 260 (19,00 dias e consumo foliar de 157,44cm²) e PARA 172 (19,96 dias e consumo foliar de 142,51cm²), o que evidencia a ocorrência de resistência nestes genótipos, pois observa-se baixos valores da taxa de consumo relativo.

Sarro (2006) constatou taxa de consumo relativo de 0,544 g/g*dia para lagartas alimentadas com folhas da cultivar AL 25. Souza et al. (2001) obtiveram em seus

experimentos com criação de *S. frugiperda* em dieta artificial taxa de crescimento relativo por volta de 0,565 g/g*dia.

Tabela 12. Índices de consumo e utilização (taxa de consumo relativo, taxa de crescimento relativo, eficiência de conversão de alimento ingerido e eficiência de conversão de alimento digerido) das lagartas de *S. frugiperda* alimentadas por diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013.

Genótipo ¹	Taxa de consumo relativo (g/g*dia)	Taxa de crescimento relativo (g/g/dia)	Eficiência de conversão de alimento ingerido (%)	Eficiência de conversão de alimento digerido (%)
BOYA 462	1,4122 a	1,3731 b	19,03 c	44,82 b
URUG 298 amarelo	1,3950 a	1,2869 b	18,49 c	48,98 b
PR-023	1,3061 b	1,3224 b	19,19 c	49,02 b
SE 013	1,2899 b	1,6489 a	17,38 d	51,70 b
ARZM 13050	1,2769 b	1,1913 c	19,57 c	50,43 b
IAC-125	1,2682 b	1,2986 b	16,60 e	64,22 a
CHZM 130134	1,2569 b	1,4199 b	19,16 c	49,21 b
ARZM 05 083	1,2407 b	1,3864 b	19,24 c	72,04 a
ARZM 07 049	1,2383 b	1,5101 b	18,01 d	54,56 b
URUG 298 Roxo	1,2215 b	1,8000 a	17,45 d	67,47 a
UNB-2U C4	1,2143 b	1,7032 a	15,90 e	63,05 a
SAM	1,1663 b	1,5045 b	17,86 d	64,13 a
Zapalote Chico	1,1279 c	1,3736 b	21,23 b	63,80 a
PARA 170	1,1083 c	1,5333 b	18,07 d	67,30 a
BRS 1030	1,0311 d	1,3929 b	24,51 a	67,92 a
BOZM 260	1,0073 d	1,0479 d	20,03 c	69,62 a
PA 091	0,9780 d	1,0220 d	19,21 c	62,95 a
PARA 172	0,8988 e	0,9354 d	19,23 c	65,05 a

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), a 10% de probabilidade.

Garcia et al (2006) realizando experimentos com uso de dieta artificial obtiveram valores de taxa de crescimento relativo por volta de 0,600 g/g*dia.

Os valores encontrados por estes autores evidenciam que os valores obtidos no presente trabalho são elevados, por conta do consumo elevado de alimento ou período larval curto.

4.4.2 Taxa de crescimento relativo

Nos resultados da Tabela 12 observou-se a formação de quatro grupos distintos significativamente, comprovando a superioridade de alguns genótipos em inibir o

crescimento das lagartas, sendo um alimento de má qualidade para o crescimento das mesmas.

Os genótipos que proporcionaram menores taxas de crescimento relativo às lagartas foram BOZM 260, PA 091 e PARA 172 com 1,0479 g/g/dia, 1,0220 g/g/dia e 0,9354 g/g/dia respectivamente. Nota-se que estes acessos apresentaram também as menores taxas de consumo relativo, comprovando que o alimento inadequado reduz o desenvolvimento dos insetos.

As maiores taxas de crescimento relativo foram dos genótipos URUG 298 roxo (1,8000 g/g/dia), UNB-2U C4 (1,7032 g/g/dia) e SE 013 (1,6489 g/g/dia), sendo estes também os acessos que apresentaram maiores valores de consumo de alimento (Figura 6). Convém ressaltar que UNB-2U C4 apresentou prolongamento do período larval, diferentemente dos outros genótipos aqui citados, não sendo descartada deste modo a presença de genes de resistência nesta variedade.

4.4.3 Eficiência de conversão do alimento ingerido

Realizou-se a análise de variância para os dados de eficiência de conversão do alimento ingerido, obtendo-se diferenças significativas entre os valores (Tabela 4). Procedeu-se assim a análise pelo teste de Scott-Knott (1974) ($p < 0,10$), o qual teve seus resultados dispostos na Tabela 12.

Observa-se que os menores valores de eficiência de conversão de alimento ingerido são dos genótipos UNB-2U C4 e IAC-125 que apresentaram 15,90% e 16,60% respectivamente. O grupo que apresenta maior valor de eficiência de conversão de alimento ingerido é composto somente pelo genótipo BRS 1030 com 24,51%. O segundo maior valor de ECI pertence ao genótipo Zapalote Chico (21,23%), que difere estatisticamente de BRS 1030.

Garcia et al. (2006) observaram em sua criação de *S. frugiperda* com dieta artificial valores de eficiência de conversão de alimento ingerido entre 22,5 e 23,5%. Também em alimentação com dieta artificial, Souza et al. (2001) relataram valores de eficiência de conversão de alimento ingerido a 25° C de 19,67% e a 30°C o valor de 26,26%, havendo a interação desta variável com a temperatura.

Altos valores de eficiência de conversão de alimento ingerido indicam que as lagartas testadas conseguiram converter eficientemente o alimento em biomassa (SARRO, 2006). Em seus experimentos, Sarro (2006) obteve com o uso de folhas da cultivar AL 25

para alimentação das lagartas, valor de ECI de 18,53%, valor próximo aos valores obtidos na maioria dos genótipos testados no presente trabalho.

4.4.4 Eficiência de conversão do alimento digerido

Houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 12), porém houve formação de apenas dois grupos de cultivares. Os genótipos BOYA 462, URUG 298 amarelo, PR 023, SE 013, ARZM 13050, CHZM 130134 e ARZM 07049 tiveram os menores valores de ECD, ou seja, conferiram aos insetos um maior gasto metabólico.

Apesar deste alto custo metabólico, a massa final de lagartas destes genótipos é elevada e o tempo de período larval não sofre prolongamento acentuado. Outro ponto a ser observado é que a viabilidade larval dos insetos alimentados com folhas destes referidos genótipos é alta, proporcionando todos eles acima de 90% de viabilidade larval.

Com exceção de ARZM 07049 e SE 013, os outros genótipos acima citados propiciaram elevados valores de massa de pupas e reduzidos períodos pupais, além de viabilidade pupal também acima de 90%. Analisando a viabilidade de adultos é possível observar que a mesma está acima de 80% para estes genótipos (URUG 298 amarelo, ARZM 13050, CHZM 130134, BOYA 462 e PR 023) e o número de ovos é razoavelmente elevado em relação aos outros genótipos pesquisados no presente trabalho.

Com estas observações acerca da variável ECD é cabível inferir que a mesma não é adequada para obtenção de respostas acerca de presença de resistência nos genótipos estudados pois há divergência de resultados em relação às outras variáveis.

4.4.5 Alimento Assimilado

Os resultados do teste de Scott-Knott ($p < 0,10$) dos índices de consumo e utilização das variáveis alimento assimilado, digestibilidade aparente e massa de fezes estão dispostos na tabela 13. Houve formação de quatro agrupamentos para a variável alimento assimilado, das quais PA 091, BOZM 260 e PARA 172 proporcionaram aos insetos os menores valores de conversão de alimento em biomassa e/ou metabolismo, sendo respectivamente 0,7216g, 0,6631g e 0,6375g. As testemunhas comerciais apresentaram também valores baixos de alimento assimilado, porém diferiram estatisticamente do agrupamento dos genótipos citados anteriormente, com os valores de 0,9116g para BRS 1030, 0,9033g para Zapalote Chico e 0,8341g para IAC-125.

4.4.6 Digestibilidade aparente

Os maiores valores de digestibilidade aparente foram observados nos genótipos BOYA 462, PR-023, CHZM 130134, BRS 1030, URUG 298 amarelo e, variando entre 43,12% e 37,90%. Observa-se que a digestibilidade aparente das lagartas alimentadas com folhas dos genótipos que apresentam menor área foliar e massa foliar consumida é maior, evidenciando a eficiência das folhas destes genótipos em alimentar as lagartas, com é o caso dos genótipos citados acima.

Tabela 13. Índices de consumo e utilização (alimento assimilado, digestibilidade aparente e massa de fezes) das lagartas de *S. frugiperda* alimentadas por diferentes genótipos de milho pipoca em laboratório. Maringá-PR, 2013.

Genótipo ¹	Alimento Assimilado (g)	Digestibilidade Aparente (%)	Massa de Fezes (g)
BOYA 462	1,3591 a	43,12 a	1,8140 c
SE 013	1,2578 a	35,67 b	2,2153 b
CHZM 130134	1,1930 b	39,45 a	1,8363 c
PR-023	1,1789 b	40,00 a	1,7637 c
URUG 298 amarelo	1,1629 b	37,90 a	1,9109 c
ARZM 07 049	1,1401 b	35,23 b	2,0655 b
ARZM 13050	1,1002 b	39,68 a	1,6730 c
URUG 298 Roxo	0,9891 c	28,04 d	2,5420 a
UNB-2U C4	0,9384 c	26,50 d	2,6275 a
SAM	0,9384 c	29,92 c	2,1785 b
BRS 1030	0,9116 c	38,14 a	1,5084 d
Zapalote Chico	0,9033 c	34,54 b	1,7189 c
PARA 170	0,8789 c	28,53 d	2,1832 b
IAC-125	0,8341 c	26,56 d	2,3030 b
ARZM 05 083	0,8318 c	27,68 d	2,1191 b
PA 091	0,7216 d	31,99 c	1,5386 d
BOZM 260	0,6631 d	30,65 c	1,5994 d
PARA 172	0,6375 d	30,71 c	1,4584 d

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), a 10% de probabilidade.

Os menores valores de digestibilidade aparente ocorreram nos genótipos PARA 170 (28,53%), URUG 298 roxo (28,04%), ARZM 05 083 (27,68%), IAC-125 (26,56%) e UNB-2U C4 (26,50%). Estes valores representam o quanto de alimento foi efetivamente utilizado pelo inseto em seu crescimento e metabolismo, desta forma, genótipos como estes citados, com baixos valores de DA são considerados como menos eficientes.

Apesar disto, comparando-se os valores das variáveis do ciclo biológico e de consumo de alimento não é possível observar alterações significativas que indiquem a

presença de resistência nestes genótipos a partir dos dados desta variável, como evidenciado na Figura 6.

Fernandes (2003) relata que a digestibilidade aparente não foi afetada com o uso de material transgênico, obtendo em milho convencional 42,80% e no híbrido de milho transgênico MON 810, 42,43%. No presente trabalho, apesar de ser verificada a presença de genótipos resistentes, também não pode ser observada a ocorrência de alterações significativas relacionadas à presença de resistência para a variável digestibilidade aparente.

Souza et al. (2001) obtiveram valores de digestibilidade aparente em lagartas alimentadas com dieta artificial entre 39 e 42 %. Do mesmo modo Garcia et al. (2006) obtiveram valores de digestibilidade aparente de 43% a 49%. Sarro (2006) observou com o uso de folhas do genótipo AL 25 valor de digestibilidade aparente de 40,34%.

4.4.7 Massa de fezes

Os menores valores de massa de fezes foram obtidos nas lagartas alimentadas com os genótipos BOZM 260, com 1,5994g, PA 091 com 1,5386g, BRS 1030 com 1,5084g e PARA 172 com 1,4584g. Os maiores valores foram de UNB-2U C4 com 2,6275g e URUG 298 roxo com 2,5420g.

A massa de fezes tem relação direta com a massa de alimento ingerido, a qual pode sofrer aumento por inadequações nutricionais presentes em cada genótipo. Esta maior ingestão de alimento pelas lagartas pode ser ocasionada segundo Busato (2002), pela ocorrência de uma adaptação dos insetos à este alimento.

A Figura 6 a seguir sintetiza os resultados das variáveis tempo de duração da fase larval (T), massa final de lagartas (Mf), massa total de lagartas (Mt), massa média de lagartas (Mm), massa de pupas (Mp), viabilidade larval (V. larv.), período pupal (Pp), viabilidade de pupas (V. pupa), deformações (Deform.), viabilidade de adultos (V. Adult), proporção machos/fêmeas (m/f), número de ovos por fêmea (ovos/f), viabilidade de ovos (V. ovos), área foliar consumida (AFC), área foliar ingerida (I), taxa de consumo relativo (TCR), taxa de crescimento relativo (TCREL), eficiência de conversão de alimento ingerido (ECI), eficiência de conversão de alimento digerido (ECD), alimento assimilado (A), digestibilidade aparente (DA) e massa de fezes (Fezes), estudadas no presente trabalho, facilitando a comparação e compreensão destes resultados para todos genótipos.

Observa-se que os genótipos BOZM 260, PA 091 e PARA 172 apresentam resultados das variáveis do ciclo biológico semelhantes ao genótipo BRS 1030, deixando

clara a presença de resistência nestes genótipos, além de apresentarem valores de AFC, I, TCR e TCREL menores.

Mesmo apresentando reação contrária à observada nos genótipos BOZM 260, PA 091, PARA 172 e BRS 1030 para as variáveis AFC, I, TCR e TCREL, o genótipo UNB-2 UC4 se destaca, pois apresenta prolongamento de período larval e pupal e maior porcentagem de deformações, características estas igualmente importantes na determinação da presença de resistência parcial de um genótipo.

Genótipo	T	Mf	Mt	Mm	Mp	V. larv	Pp	V. pupa	Deform.	V. adult	m/f	ovos/f	V. ovos	AFC	I	TCR	TCREL	ECI	ECD	A	DA	Fezes	
ARZM 05 083			■				■															■	
ARZM 07 049							■		■		■							■	■				
ARZM 13 050			■	■							■								■	■			
BOYA 462			■																■	■			
BOZM 260	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
BRS 1030			■	■		■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
CHZM 13 0134			■								■								■	■			
IAC-125			■			■	■				■		■					■	■			■	
PA 091		■	■	■	■					■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
PARA 170					■		■	■	■									■	■			■	
PARA 172	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
PR-023			■	■					■		■								■	■			
SAM							■					■	■	■				■	■				
SE 013							■		■		■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
UNB-2U C4	■				■	■	■	■	■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
URUG 298 amar.			■																■	■			
URUG 298 roxo						■	■	■			■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zapalote Chico			■	■			■							■									

Figura 6. Síntese dos resultados obtidos para as variáveis do ciclo biológico e consumo de alimentos das lagartas alimentadas pelos genótipos de milho pipoca. Maringá, 2014.

Nota-se ainda que o menor valor de eficiência de conversão de alimento ingerido das lagartas é conferido pela alimentação com o genótipo UNB-2U C4, caracterizando uma reduzida capacidade de converter eficientemente o alimento em biomassa. Em resposta à esta inadequação, o inseto ingere maior quantidade de alimento, conforme observa-se nas variáveis área foliar consumidas e massa foliar ingerida, o que é algo desfavorável para a cultura.

5. CONCLUSÕES

Os genótipos com maior potencial como fonte de resistência à lagarta-do-cartucho foram BOZM 260, BRS 1030, PA 091 e PARA 172, por apresentarem baixo consumo foliar, prolongamento do período larval, menor taxa de consumo relativo e de crescimento relativo e menor valor de alimento assimilado, ou seja, menor valor de conversão de alimento em biomassa.

O genótipo UNB-2U C4 destaca-se também entre os outros genótipos, por apresentar elevado período larval, baixo valor de viabilidade larval, reduzido valor de massa de pupa e reduzido período pupal e viabilidade pupal, os maiores valores de área e massa foliar ingerida dos genótipos testados, reduzidos valores de eficiência de conversão de alimento ingerido e de digestibilidade aparente, além de apresentar considerável porcentagem de deformações de adultos.

Apesar da formação de dois agrupamentos, a eficiência de conversão de alimento digerido não foi uma variável adequada para indicar presença de resistência nestes genótipos testados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. V. de. Importância do banco de germoplasma para o melhoramento genético vegetal Milho. *In*: UDRY, E. DUARTE (Org.). **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15, 2000. 136 p.
- ANDRADE, R. A.; CRUZ, C. D.; SCAPIM, C. A.; SILVÉRIO, L.; PINTO, R. J. B.; TONET, A. Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1197-1204, 2002.
- ÁVILA, C. J; DEGRANDE, P. E; GOMEZ, S. A. **Insetos-praga: reconhecimento, comportamento, danos e seu controle**. In: Empresa Brasileira Agropecuária. Milho informações técnicas. Dourados, MS, p. 157-180, 1997.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 237p.
- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. *Neotropical Entomology*, v. 39, n. 6, p. 996-1001, 2010.
- BRUNINI, O. Manejo agrometeorológico de pragas na cultura do milho visando à aplicação de agroquímicos: uma análise preliminar. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1997, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 1997.
- BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, 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*, vol.31, n.4, p. 525-529, 2002.
- CAPINERA, J. L. Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida, p. 1-6. 2008.
- COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA-FILHO, I. A. **Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Comunicado Técnico 99, 2004. 20 p.
- CONAB, Campanha Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento junho 2013**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, 2013.
- COSTA, M. A. G.; GRUTZMANCHER, A.D.; ZOTTI, M. J.; HARTEK, W. da R.; NEVES, M. B. das. Consumo foliar e preferência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) por cultivares de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 415-421, 2006.

CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, n.12, p.425-438, 1989.

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

CRUZ, I. Cerco completo. **Cultivar**, Pelotas, v. 109, p. 23-27, jun. 2008.

CRUZ, I.; MONTEIRO, M. A. R. **Controle Biológico da lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum***. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, Embrapa-CNPMS. Comunicado Técnico, 114, 2004.

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, p. 355-359, 1982.

CRUZ, I.; MAGID, J. W.; VIANA, P.A.; VALICENTE, F.H. Pragas: Diagnóstico e Controle. **Arquivo do Agrônomo**, 2ª ed. nº 2, p.10-14, 1995.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; CORRÊA, L. A. **Manejo Cultural do Milho-Pipoca**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 42, 2004. 7 p.

CUNHA, U. S.; MARTINS, J. F. S.; PORTO, M. P.; GARCIA, M. S.; BERNARDI, O.; TRECHA, C. O.; BERNARDI, D.; JARDIM, E. O.; BACK, E. C. U. Resistência de genótipos de milho para cultivo em várzeas subtropicais à lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1125-1128, 2008.

DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Methods used to screen maize for and to determine mechanisms of resistance to the Southwestern corn borer and Fall armyworm. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METHODOLOGIES FOR DEVELOPMENT HOST PLANT RESISTANCE TO MAIZE INSECTS, 1989, México. **Proceedings...** Mexico: CIMMYT, 1989. p. 101-104

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. **Aspectos econômicos da produção de milho transgênico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 127, 2009. 15 p.

FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D. Avaliação de dano de *Spodoptera frugiperda* (J. E. smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p.197-202, 2006.

FERNANDES, O. D.; **Efeito do milho geneticamente modificado (MON 810) em *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e no parasitóide de ovos *Trichogramma spp.*** 2003. 182 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GARCIA, M. S.; BUSATO, G. R.; BERNARDI, O.; ZOTTI, M. J.; NORMBERG, S. D.; ZART, M.; NUNES, A. M. Efeito da posição do recipiente de criação no consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e *Helicoverpa zea*

(BODDIE, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 173-177, 2006.

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

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1996. 134 p.

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, p. 219-224, 2002.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal Biology Science**. East Melbourne, n.9, p.463-493, 1956.

HAMM, J. J.; WISEMAN, B. R. Plant resistance and nuclear polyhedrosis virus for suppression of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v.69, p.541-549, 1986.

HAYMAN, B. I. **The theory and analysis of diallel crosses**. Genetics, v.39, p.789-809, 1954.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

LIMA, F. W. N.; OHASHI, O. S.; SOUZA, F. R. S.; GOMES, F. S. . Avaliação de acessos de milho para resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Acta Amazonica**. Manaus, v. 36, n. 2. 2006.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. das G.; SANTOS, C. D. dos.; MORAES, J. C.; NÉRIS, D. K. P.; NASCIMENTO, E. A. do. Caracterização química do óleo essencial de folhas de goiabeira (*Psidium guajava*) E seus efeitos no comportamento da lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, Edição Especial, p. 1777-1781, 2009 A.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; MELO, B. A.; RODRIGUES, V. G.; GUIMARÃES, P. L. Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 377-382, 2009 B.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. das G.; MORAES, J. C.; ANDRADE, M. A.; MELO, B. A.; RODRIGUES, V. G. Caracterização química e atividade inseticida do óleo essencial de *Ageratum conyzoides* sobre a lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Bioscience Jornal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2010.

LOPES, G. da S.; LEMOS, R. N. S.; MACHADO, K. K. G.; MACIEL, A. A. S.; OTTATI, A. L. T.; Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

em folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p. 134-140, 2008.

LUCCHINI, F. 1977. **Biologia de *Spodoptera frugiperda* (Smith e Abbot, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae), níveis de prejuízos e avaliação toxicológica de inseticidas para seu combate em milho**. 114f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia)- Curitiba, 1977.

MALAUSSA, J. C.; MARIVAL, D. Etude de la dynamique des populations des chenilles de *Spodoptera frugiperda* Abbot e Smith et d'*Heliothis zea* Boddie (Lepidoptera Noctuidae) sur deux variétés de maïs en Guadeloupe (Antilles françaises). **Agronomie**. Guadeloupe, v. 1, n. 8, p.701-706, 1981.

MARTINELLI, S.; BARATA, R. M.; ZUCCHI, M. I.; SILVA-FILHO, M. C.; OMOTO, C. Molecular Variability of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Populations Associated to Maize and Cotton Crops in Brazil. **Journal of Economic Entomology**. Piracicaba, v. 99, p. 519-526, 2006.

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 Cry 1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.239-244, 2011.

METCALF, D. L; FLINT, W. P. **Insectos destructivos y insetos utiles**: sus costumbres e su control. 4. Ed. México; Continental, 1965. 630p.

MICHELOTTO, M. D.; CROSARIOL NETTO, J.; FREITAS, R. S. de.; DUARTE, A. P.; BUSOLI, A. C. Milho transgênico (*BT*): efeito sobre pragas alvo e não alvo. **Nucleus**, São Paulo, Edição Especial, 2013.

NAIS, J.; BUSOLI, A. C.; MICHELOTTO, M. D. Comportamento de híbridos de milho transgênicos e respectivos híbridos isogênicos convencionais em relação à infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith,1727) (lepidoptera: Noctuidae) em duas localidades e épocas de semeadura. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 80, n. 2, p. 159-167, 2013.

NALIM, D. M. **Biologia, nutrição quantitativa e controle de qualidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais** Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991. 150 p.

NISHIKAWA, M. A. N. **Análise genética de populações de milho (*Zea mays* L.) visando resistência à lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*, Smith, 1797)**. 1999. 90f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

OTA, E. do C.; LOURENÇÃO, A. L.; DUARTE, A. P.; JUNIOR, E. U. R.; ITO, M. A. Desempenho de cultivares de milho em relação á lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 850-859, 2011.

- PARRA, J. R. A. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A. R.; PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, Editora Manole, p. 9-65. 1991.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUDIENAS, C.; SAWAZAKI, E.; LÜDERS, R. R. Variabilidade genética de híbridos triplos de milho para resistência a ferrugem tropical. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Campinas, v.1, n.1, p.63-69, 2002.
- PEREIRA FILHO, I. A.; PACHECO, C. A. P.; CRUZ, J. C. **A cultura do milho-pipoca**. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 79 p.
- PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A.; BARRETO, R. R.; RODOVALHO, M. de A.; ESTEVES, N.; LOPES, A. C. Análise dialéctica de linhagens de milho-pipoca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 315, p. 471-477, 2007.
- PINTO, R. J. B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. 2 Ed. Maringá: EDUEM, 2009.
- ROSA, A. P. S.; BARCELOS, H. T.; **Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. Documento 344, 2012. 32p.
- ROSA, A. P. A. da.; TRECHA, C. O.; ALVES, A. C.; GARCIA, L.; GONÇALVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em linhagens de milho. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 1, p. 39-45, 2012.
- SÁ, V.G.M.; 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**, v.38, n.1, p.108-115, 2009.
- SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. W. S.; AGUIAR, R. A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G. de; 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, dez. 2002.
- SARRO, F. B. **Biologia comparada de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) em milho e em cultivares de algodoeiro**. 2006. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) - UNESP: Botucatu-SP, 2006.
- SCRIBER, J.M.; SLANSKY JÚNIOR, F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 26, n.1, p.183-211, 1981.
- SIFUENTES, A. J. A. Oviposición de palomillas de cogollero y daño de las larvas en plántulas de maíz y sorgo, em invernadero. **Agricultura Técnica en México**, Chapingo, v.2, n.7, p.311-314, 1967.
- SILOTO, R.C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) em genótipos de milho**. 2002. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA M. N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: Seus parasitos e predadores.** Ministério da Agricultura, Departamento de Defesa e Inspeção Agropecuária, Rio de Janeiro, v. 2, n.1, 621p. 1968.

SILVA, D. M. P.; OLIVEIRA, J. V.; TABOSA, J. N.; BARROS, R.; SANTOS, E. O.; AZEVEDO, S. S. Identificação de fontes de resistência de milho á *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1997) (Lepidoptera: Noctuidade) em campo. **Brazilian Archives of Biology and Technolog**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 345-348, 2000.

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

SISTEMA FARSUL. **Relatório econômico 2012 e perspectivas para 2013.** Assessoria Econômica, Rio Grande do Sul, 2012.

SOUZA, A. M. L.; AVILA, C. J.; PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de alimento por *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae), *Heliothis virescens* (Fabr.) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas temperaturas. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, pp. 11-17, 2001.

TIRELLI, A. A.; ALVES, D. S.; CARVALHO, G. A.; SÂMIA, R. R.; BRUMI, S. S.; GUERREIRO, M. C. Efeito de frações tânicas sobre parâmetros biológicos e nutricionais de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1417-1424, 2010.

VALICENTE, F. H.; TUELHER E. de S. **Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com *Baculorívus*.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 114, 2009. 14 p.

VENDRAMIM, J.D.; NISHIKAWA, M.A.N. Melhoramento para resistência a insetos. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S. de; VALADARES-INGLIS, M.C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento - plantas.** Rondonópolis: Fundação MT, p.737-781. 2001.

VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Avaliação de antibiose e não-preferência em cultivares de milho selecionados com resistência à lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.1, p.27-33, 2000.

VIANA, P. A.; PRATES, H. T.; RIBEIRO, P. E. de A. Efeito de extratos de nim e de métodos de aplicação sobre o dano foliar e o desenvolvimento da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 1, p. 17-25, 2007.

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

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (Bt) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F. Gene bom. **Revista Cultivar**, v. 49, p. 22-26, 2003.

ZANCANARO, P. O.; BUCHWEITZ, E. D.; JUNIOR, A. L. B.; MORO, J. R. Avaliação de tecnologias de refúgio no cultivo de milho transgênico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 886-891, 2012.

ZIMMERMANN, A. O.; SILVA, D. M.; CARNEIRO, A. V; BUENO. A.; MOSCARDI, F. **Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: noctuidae) em diferentes plantas hospedeiras.** Londrina: Embrapa Soja. Documentos 328, 2011.