

**NÁYRA CRISTIANE DE SOUZA CRUBELATI**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO  
PIPOCA À *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)**

**MARINGÁ  
PARANÁ-BRASIL  
FEVEREIRO – 2010**

**NÁYRA CRISTIANE DE SOUZA CRUBELATI**

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO  
PIPOCA À *Spodoptera frugiperda*(J.E.Smith, 1797)**

Dissertação apresentada à  
Universidade Estadual de Maringá,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia, área de concentração  
Produção vegetal, para obtenção  
do título de mestre.

**MARINGÁ  
PARANÁ-BRASIL  
FEVEREIRO – 2010**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)**

C955a Crubelati, Náyra Cristiane de Souza  
Avaliação da resistência de híbridos simples de milho pipoca à *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) / Náyra Cristiane de Souza Crubelati. -- Maringá, 2010.  
73 f. : figs., tabs.

Orientador: Prof° Dr° Carlos Alberto Scapim.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

1. Milho-pipoca (Zea mays L.). 2. Milho - Pragas. 3. Milho-pipoca (Zea mays L.) - Resistência de pragas. 4. Milho-pipoca (Zea mays L.) - Análise dialéctica. 5. Lagarta-do-cartucho - Milho I. Scapim, Carlos Alberto, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. TÍTULO.

CDD 21. ed. 633.15 Masa

Aos meus pais Caetano e Rosimeiri,  
meu noivo Fabio Mulati, minhas  
irmãs Daniele e Juliana, aos amigos  
e toda a família.

Dedico...

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado a vida...

Ao professor orientador Doutor Carlos Alberto Scapim, pelos ensinamentos, direcionamento, exemplo de ética profissional e competência.

Ao professor co-orientador Doutor Fernando Alves de Albuquerque, pela paciência, atenção, sugestões e amizade.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM-PR), pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, exemplos de vida, amor e dedicação, pelo incentivo e pela confiança na minha capacidade.

Ao meu noivo, companheiro e amigo, pelo compartilhamento do entusiasmo e pelo apoio, compreensão, ajuda e amor.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi e do NUPAGRI, pela colaboração com os experimentos.

Ao doutorando e bolsista Marcos Rodovalho, aos bolsistas Lucas, Israel e Rachel, aos graduandos Aline, Camila, Fernando, Jhonatan, Júlio e Mariana, pela colaboração e ajuda nos trabalhos de campo e laboratório.

A todos aqueles amigos, colegas e familiares que auxiliaram na realização deste trabalho e que fazem parte da minha vida.

## **BIOGRAFIA**

Náyra Cristiane de Souza Crubelati, filha de Caetano Crubelati Neto e Rosimeiri de Oliveira Souza Crubelati, nascida aos 18 dias do mês de julho, do ano de 1985, na cidade de Maringá-PR.

Realizou o ensino básico na Escola Estadual Professor César Botelho, na cidade de São Jorge do Ivaí-PR, e o Ensino médio no Colégio Santa Cruz, em Maringá-PR. Gradou-se em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá-PR, no ano de 2007.

No mês de março de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal, pela Universidade Estadual de Maringá. Iniciou os trabalhos no ano de 2008, durante o primeiro semestre do curso de pós-graduação.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>RESUMO</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	02
2.1. Importância do milho-pipoca.....	03
2.2. Ocorrência de pragas na cultura do milho.....	04
2.2.1. Biologia e desenvolvimento de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	05
2.3. Controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	07
2.3.1. Resistência de milho à lagarta-do-cartucho.....	09
2.4. O melhoramento do milho-pipoca.....	10
2.5. Análise dialélica.....	11
2.6. Métodos de avaliação para detecção de genótipos resistentes.....	12
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
3.1. Experimentos em condições de campo-Análise dialélica.....	16
3.2. Experimentos em condições de Laboratório.....	18
3.2.1. Local e instalações.....	18
3.2.2. Obtenção de insetos e criação de manutenção.....	18
3.2.3. Material vegetal utilizado.....	20
3.2.4. Biologia comparada de <i>S. frugiperda</i> em milho - pipoca.....	20
3.2.4.1. Instalação do experimento em laboratório.....	20

3.2.4.2. Variáveis biológicas avaliadas.....	21
3.2.4.3. Consumo e utilização de alimentos.....	21
3.2.4.3.1. Massa do alimento ingerido.....	22
3.2.4.3.2. Massa dos excrementos.....	22
3.2.4.3.3. Massa das lagartas.....	22
3.2.4.3.4. Índices de consumo e utilização.....	23
3.2.5. Determinação da área foliar consumida.....	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
4.1. Experimentos em condições de campo.....	25
4.1.1. Rendimento.....	25
4.1.2 Capacidade de expansão.....	26
4.1.3. Determinação da resistência à lagarta-do-cartucho.....	28
4.2. Experimentos em laboratório.....	30
4.2.1. Variáveis do ciclo biológico.....	30
4.2.1.1. Fase de ovo.....	30
4.2.2. Fase larval.....	31
4.2.2.1. Período larval médio.....	31
4.2.2.2. Massa larval final.....	32
4.2.2.3. Massa larval média.....	33
4.2.2.4. Viabilidade larval.....	34
4.2.3. Fase pupal.....	35
4.2.3.1. Período pupal.....	35
4.2.3.2. Massa média pupal.....	36
4.2.3.3. Viabilidade de pupas.....	37
4.3. Fase adulta .....	38



4.3.1. Longevidade de adultos.....	38
4.3.2. Deformação de adultos.....	39
4.3.3. Número de ovos.....	40
4.3.4. Ciclo biológico total.....	41
<b>5. Consumo e utilização dos alimentos.....</b>	<b>43</b>
5.1. Massa alimento ingerido (I).....	43
5.2. Massa de excrementos.....	44
5.3. Área foliar consumida.....	44
5.4. Alimento assimilado.....	46
5.5. Alimento metabolizado.....	47
<b>6. Índices de consumo e utilização.....</b>	<b>48</b>
6.1. Taxa de consumo relativo (RCR).....	48
6.2. Taxa metabólica relativa (RMR).....	49
6.3. Taxa de crescimento relativo (RGR).....	50
6.4. Eficiência de conversão de alimento ingerido(ECI).....	51
6.5. Digestibilidade aparente(DA).....	53
6.6. Eficiência de conversão de alimento digerido (ECD).....	54
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1.** Híbridos simples de milho-pipoca, obtidos pelo cruzamento de linhagens do grupo I- P7 e linhagens do grupo II-P9. Maringá-PR, 2009.....p. 16

**Quadro 2.** Escala visual de danos para *Spodoptera frugiperda* (adaptada de Davis & Williams, 1989).....p.17

**Quadro 3.** Composição da dieta artificial utilizada para a criação de *Spodoptera frugiperda* em laboratório (Parra, 1992).....p.19

**Quadro 4.** Análise de variância para rendimento (em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de milho pipoca.....p.25

**Quadro 5.** Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) do Grupo I, do Grupo II, nas marginais, e da capacidade específica de combinação (CEC e médias de rendimento em parênteses ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de híbridos simples de milho pipoca de um dialelo parcial adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988).....p.26

**Quadro 6.** Análise de variância para capacidade de expansão ( $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$ )..p.27

**Quadro 7.** Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) do Grupo I, do Grupo II, nas marginais, da capacidade específica de combinação (CEC) e das médias da capacidade de expansão em parênteses ( $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$ ), de híbridos simples de milho pipoca de um dialelo

parcial adaptado por Geraldi e Miranda Filho(1988).....p.27

**Quadro 8.** Notas de danos atribuídas às plantas de milho – pipoca quanto à resistência a *Spodoptera frugiperda*. Maringá-PR, 2008.....p.28

**Quadro 9.** Quadro de análise de variância para a resistência a lagarta do cartucho (notas).....p.29

**Quadro 10.** Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) do Grupo I, do Grupo II, nas marginais, e da capacidade específica de combinação (CEC), para resistência á lagarta do cartucho (RLC) de híbridos simples de milho pipoca de um dialelo parcial, modelo de Geraldi e Miranda Filho (1988).....p.30

**Quadro 11.** Híbridos selecionados quanto à análise dialélica para rendimento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), capacidade de expansão ( $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$ ) e resistência à Lagarta do Cartucho.....p.30

**Quadro 12.** Análise de variância para período larval, em dias, de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá- PR. 2009.....p.32

**Quadro 13.** Análise de variância para massa final das lagartas (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá- PR, 2009.....p.32

**Quadro 14.** Análise de variância para massa larval média (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá- PR, 2009.....p.33

**Quadro 15.** Análise de variância para período médio das pupas (dias),de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.35

**Quadro 16.** Análise de variância para massa média das pupas(g), de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.36

**Quadro 17.** Análise de variância para longevidade de adultos (dias) de *Spodoptera frugiperda*, que foram alimentados durante a fase larval com os híbridos de milho-pipoca (UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE). Maringá-PR, 2009.....p.39

**Quadro 18.** Análise estatística para duração do ciclo biológico completo de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos híbridos UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.42

**Quadro 19.** Análise de variância para massa alimento ingerido (g) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* que se alimentaram dos híbridos de milho-pipoca:UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.43

**Quadro 20.** Análise de variância para excrementos (g) produzidos pelas lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8,

UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.44

**Quadro 21.** Análise de variância para área foliar consumida (cm<sup>2</sup>) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com os híbridos de milho-pipoca UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.45

**Quadro 22.** Análise de variância para alimento assimilado (g) pelas lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.46

**Quadro 23.** Análise de variância para alimento metabolizado (g) por lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.47

**Quadro 24.** Análise de variância para taxa de consumo relativo (g/g.dia)<sup>-1</sup>) pelas lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.48

**Quadro 25.** Análise de variância para taxa de metabólica relativa (g/g.dia) de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.49

**Quadro 26.** Análise de variância para taxa de crescimento relativo (g/g<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>) de lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.50

**Quadro 27.** Análise de variância para eficiência de conversão de alimento

digerido (%) pelas lagartas *S. frugiperda* alimentadas com os híbridos de milho-pipoca UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.52

**Quadro 28.** Análise de variância para digestibilidade aparente (%) de lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.53

**Quadro 29.** Análise de variância para eficiência de conversão de alimento digerido (%) de lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009..... 59

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Período larval médio (dias) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com os híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.31
- Figura 2.** Massa larval final em g, de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.33
- Figura 3.** Massa larval média (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.34
- Figura 4.** Viabilidade larval, em %, para lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009....p.35
- Figura 5.** Período pupal (dias) para lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009....p.36
- Figura 6.** Massa média de pupas (g), cujas lagartas de *Spodoptera frugiperda* foram alimentadas com os híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.37
- Figura 7.** Viabilidade das pupas (%) para lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com os híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.38
- Figura 8.** Longevidade de adultos (dias) de *Spodoptera frugiperda*, que foram alimentadas durante a fase larval com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.39
- Figura 9.** Porcentagem de deformação de adultos de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas durante a fase larval com folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.40

**Figura 10.** Número médio de ovos colocados por fêmeas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas, durante a fase larval, com folhas de milho-pipoca UEM-1, UEM-3, UEM-5, UEM-6, UEM-9 e JADE. Maringá-PR, 2009.....p.41

**Figura 11.** Ciclo biológico completo, de ovo a adulto, de *Spodoptera frugiperda* alimentados durante a fase larval com folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.42



**Figura 12.** Massa alimento consumido (g) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009...p.43

**Figura 13.** Massa excrementos (g) produzidas por lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p. 44

**Figura 14.** Área foliar consumida (cm<sup>2</sup>) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.45

**Figura 15.** Alimento assimilado (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que ingeriram folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.46

**Figura 16.** Alimento metabolizado (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que ingeriram folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.47

**Figura 17.** Taxa de consumo relativo (RCR) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que foram alimentadas com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.49

**Figura 18.** Taxa de metabólica relativa (RMR) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.50

**Figura 19.** Taxa de crescimento relativo (RGR) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.51

**Figura 20.** Eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.52

**Figura 21.** Digestibilidade aparente (DA) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009....p.54

**Figura 22.** Eficiência de conversão do alimento digerido (ECD) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.....p.55

CRUBELATI, Náyra Cristiane de Souza. Msc, Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2010. **Avaliação da resistência de híbridos simples de milho-pipoca à *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797).** Professor Orientador: Carlos Alberto Scapim. Professor Co-orientador: Fernando Alves de Albuquerque.

## RESUMO

A utilização de genótipos resistentes é importante para o manejo integrado de pragas e vem sendo valorizada em programas de melhoramento genético de plantas. A cultura do milho-pipoca é bastante semelhante à do milho comum, principalmente em relação à ocorrência de pragas. Para ambas as culturas, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é a praga que ocasiona maiores prejuízos econômicos. Entretanto, dados a respeito do impacto de pragas na cultura do milho-pipoca são escassos, de maneira que se faz necessário o estudo de possíveis híbridos simples quanto a sua resistência. Nesse experimento, foram testados 36 híbridos simples de um dialelo parcial e quatro genótipos comerciais, em relação aos danos causados por *S. frugiperda* em condições de campo com infestação natural. O delineamento experimental foi o de blocos completos ao acaso, contando com 4 repetições. As avaliações foram realizadas com o auxílio de uma escala visual de notas de danos causados pela lagarta (adaptada de Davis & Williams, 1989). Após o término do ciclo da cultura, procederam as avaliações de rendimento e capacidade de expansão. Posteriormente, foi realizada uma análise dialélica a fim de selecionar os melhores híbridos para testes de desenvolvimento biológico e utilização do alimento por lagartas de *S. frugiperda*. Para tanto, foram selecionados nove híbridos e, para compor o experimento de laboratório, foram utilizados dois híbridos comerciais com características conhecidas, IAC 112 e JADE. Esse ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições por tratamento. E os dados referentes a esse experimento foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Constatou-se, a partir da análise dos dados, que os híbridos UEM-3, UEM-5, UEM-7 e IAC 112 são mais

resistentes, e os híbridos UEM-2, UEM-4 e JADE são mais suscetíveis ao ataque da lagarta *Spodoptera frugiperda*.

**Palavras-chave:** Pragas de milho, *Zea mays*, resistência de pragas, lagarta-do-cartucho, dialelo.

CRUBELATI, Náyra Cristiane de Souza. Msc. State University of Maringá, February of 2010. **Evaluation of simple hybrids popcorn to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)**. Adviser: Carlos Alberto Scapim. Co-advisor: Fernando Alves de Albuquerque.

## ABSTRACT

The use of resistant genotypes is important for integrated pest management and is being appreciated in plant breeding. The popcorn culture is quite similar to maize common, especially in relation to the occurrence of pest. For both cultures the caterpillar fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) is a pest that causes major economic losses. However, the basis of the impact of pests on popcorn cultivation are rare, so establish necessary the study of possible simple hybrids as their resistance. In this experiment, were tested 36 simple hybrids of partial diallel and four commercial hybrids, in relation to damage caused by *S. frugiperda* under field conditions with natural infestation. The experiment design was a randomized block design, with four replications. The evaluations were carried out with a damage visual scale (adaptated of Davis & Williams, 1989). After the closing of the culture cycle assessments have been carried yield and for popping expansion. Later the diallel analysis was carried out in order to select the best hybrids to compare organic development and utilization of food by caterpillars *S. frugiperda*. In this analysis were selected nine hybrids and to compose the laboratory experiment were used two commercial hybrids with known features, IAC 112 and JADE. The experiment was in 10 repetitions by treatment (hybrid) and the data of this experiment were subjected to analysis of variance and then averages were compared by Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ). The data analysis reported that the hybrids UEM-3, UEM-5, UEM-7 e IAC 112 are more resistant and hybrids UEM-2, UEM-4 e JADE are more susceptible.

**Keywords:** corn pests, *Zea mays*, plant resistance, fall armyworm, diallel.

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho-pipoca sofre grandes perdas em função do ataque de pragas, dentre as quais merece destaque a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), não simplesmente pelos danos provocados, mas especialmente pela dificuldade do seu controle. Os prejuízos variam de intensidade, dependendo do cultivar, estágio de desenvolvimento, grau de infestação e condições ambientais, podendo ultrapassar 50% de perdas na produção.

As técnicas de controle são cada vez mais pesquisadas e atualizadas. Recentemente, o manejo desta praga é feito principalmente com produtos químicos, que podem ser tóxicos para o meio ambiente e também para o homem. Além disso, o uso de maneira inadequada pode provocar efeitos indesejados, como a indução da resistência da praga às moléculas, entre outros.

Estudos envolvendo o controle da lagarta do cartucho do milho por meio da utilização de variedades resistentes são de grande importância no manejo de pragas, na redução do uso de agrotóxicos e uma ferramenta útil na condução de sistemas alternativos de produção.

Por outro lado, a avaliação de híbridos experimentais de milho-pipoca resistentes ao ataque de pragas, como a lagarta-do-cartucho, pode consistir em uma importante ferramenta para a prevenção de perdas.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a resistência de híbridos simples experimentais de milho-pipoca, ao ataque da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A resistência de plantas aos insetos é uma técnica eficiente de controle de pragas, pois produz benefícios biológicos, econômicos e ambientais (Hamm & Wiseman, 1986). Entre as vantagens apresentadas por esse método, pode-se destacar a capacidade de manter a população de insetos abaixo do nível de dano econômico, sem causar prejuízos ao ambiente e aos agricultores (Gallo et al., 2002). Logo, é um método ideal para ser utilizado pelos produtores, pois não interfere em outras práticas culturais e, geralmente, apresenta boa compatibilidade com outros métodos de controle (Vendramin & Nishikawa, 2001).

O uso de plantas resistentes demanda um trabalho conjunto e integrado de especialistas de diferentes áreas de conhecimento, incluindo técnicas de criação de insetos em larga escala, métodos de infestação e sistemas de avaliação, que, constantemente, são aprimorados no sentido de aperfeiçoar os ensaios experimentais para uma melhor compreensão dos mecanismos que envolvem o processo de desenvolvimento de resistência (Vendramin & Nishikawa, 2001).

Um programa de melhoramento de plantas visando obter plantas resistentes aos insetos envolve diversas etapas e um bom planejamento (Siloto, 2002). Segundo Maxwell & Jennings (1980) apud Pinto (1995), para assegurar a eficiência da análise em um programa de melhoramento de plantas voltado à obtenção de resistência aos insetos, deve-se usar: uma população uniforme de insetos; cultivares geneticamente puras; técnicas adequadas para criação artificial e manutenção de insetos; técnicas eficientes de avaliação; ambientes homogêneos, para reduzir os erros experimentais; e dados da F3 para confirmar os dados da F2.

Assim, para a realização de estudos a respeito de resistência, faz-se necessário conhecer a cultura e a praga quanto as suas exigências biológicas, bem como a interação inseto-planta, centralizando esforços na obtenção de fontes de resistência, e, ainda se possível, identificar os mecanismos e as bases de resistência (Vendramin & Nishikawa, 2001).

## 2.1. Importância do milho-pipoca *Zea mays* L.

O milho-pipoca, *Zea mays* L., pertencente à família Poaceae, subfamília Panicoideae e tribo Maydeae, se diferencia do milho comum porque possui uma fina cápsula que envolve o endosperma do grão. Essa película funciona como uma parede rígida, similar a um reator sem válvulas, que se rompe quando a pressão interna aumenta, devido ao calor que é transferido para o interior do grão (Dalbello et al., 1995).

As plantas de milho-pipoca geralmente caracterizam-se por serem mais frágeis em relação ao milho comum. São plantas menores, de colmo mais fino, com menor número de folhas, maior produção de descendentes e maior susceptibilidade à pragas e doenças. Os caracteres agrônômicos do milho-pipoca são negativamente correlacionados com os caracteres de qualidade da pipoca (Carpentieri-Pípolo et al., 2002).

Antigamente, essa cultura era considerada primária e modesta. No entanto, em decorrência do aprimoramento e da popularização de máquinas elétricas e fornos de microondas para a expansão do milho-pipoca, atualmente relata-se um aumento crescente na produção e consumo nacional (Freitas Júnior et al., 2006; Rangel et al., 2008). Além disso, o milho-pipoca é considerado de alto valor econômico e de elevada rentabilidade para os produtores (Silva et al., 2009).

Segundo Corrêa et al. (2001), o consumo de pipoca no Brasil cresce gradativamente, devido ao aumento do consumo de pipoca fresca ou em forma de confeitos manufaturados. Em relação a esse aumento, a cada ano são importados da Argentina e dos Estados Unidos cerca de 61 mil toneladas (Galvão et al., 2000; Vendruscolo et al., 2001).

Apesar da popularidade desse produto no Brasil, o processo de produção e comercialização é pouco estudado. Há, também, escassez de informações oficiais sobre a área semeada, produtividade e quantidade importada. Entretanto, estima-se que a produção nacional é cerca de 20 mil toneladas, e o consumo atual esteja próximo de 81 mil toneladas de grãos (Galvão et al., 2000; Pereira & Amaral Júnior, 2001), sendo que 75% desse

mercado é proveniente do milho importado, principalmente da Argentina (Sawazaki, 2001).

Seifert et al. (2006) relataram que entre os maiores problemas enfrentados pelos produtores de milho-pipoca no país está o reduzido número de cultivares e a ocorrência de pragas, dentre as quais merece destaque a lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*). No que se refere às cultivares, devem reunir boas características agronômicas e alto índice de capacidade de expansão. A baixa disponibilidade de sementes híbridas nacionais de boa qualidade tem sido o principal responsável pelo crescimento da importação de grãos de pipoca. Entretanto, nos anos de 2002 e 2003, houve uma retração das importações, que estão sendo substituídas pela produção nacional proveniente do cultivo de sementes importadas de híbridos norte-americanos, nos estados do Rio Grande do Sul e Goiás (Sawazaki, 2003). Situação esta que pode ser revertida se as cultivares nacionais forem melhoradas, buscando-se a qualidade dos híbridos americanos (Carpentieri-Pípolo et al., 2005).

## **2.2. Ocorrência de pragas na cultura do milho**

A cultura de milho no Brasil está sujeita ao ataque de diversos insetos pragas, podendo ser citados como mais importantes a lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea* (Bod.), e a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Silveira et al., 1998).

Os fatores responsáveis pela baixa produtividade são diversos, sendo que as pragas têm elevada participação, pois as plantas de milho permanecem na área praticamente todo o ano, tanto na safra de verão e na safrinha (Farias et al., 2001). Entre as pragas mais importantes do milho encontra-se a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) considerada a mais importante não somente pelos danos provocados, mas especialmente pela dificuldade do seu controle (Melo & Silva, 1987; Sena Júnior et al., 2003). Além disso, em condições favoráveis, aumenta sua população, destruindo as folhas e o cartucho do milho, chegando mesmo a impedir a produção de espigas comerciais (Fernandes et al., 2003).



A ocorrência de pragas destaca-se como importante fator limitante do potencial de produção da cultura do milho, podendo afetá-la desde a fase de germinação até a fase reprodutiva (Gassen, 1996).

No Brasil, estima-se que a lagarta-do-cartucho seja responsável por mais de 25% dos prejuízos causados por pragas ao milho e pela maior parte dos 38,3 milhões de dólares gastos com pulverizações de inseticidas, resultando num prejuízo anual de aproximadamente 250 milhões de dólares (Waquil & Vilella, 2003).

Este inseto pode causar perdas que variam de 15 a 37% no rendimento de grãos, dependendo da fase de desenvolvimento da planta em que ocorre o ataque, da cultivar utilizada, do sistema de produção empregado e do local de plantio (Cruz & Turpin, 1982; Cruz, 1995; Sarmiento et al., 2002).

### **2.2.1. Biologia e desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda***

Na cultura do milho, a lagarta *S. frugiperda*, que é conhecida vulgarmente por lagarta-do-cartucho, se alimenta em todas as fases de crescimento da cultura, mas tem preferência por cartuchos de plantas jovens (Loeck et al., 1993). O adulto desse inseto é uma mariposa de coloração cinza-escura de quatro centímetros de envergadura. Após o acasalamento, a fêmea oviposita na página superior das folhas do milho, em grupos de 1.500 a 2.000 ovos por fêmea (Gallo et al., 2002).

Segundo Cruz (1995), as lagartas recém-eclodidas são esbranquiçadas, possuem cabeça mais larga do que o corpo e apresentam mais pêlos que as mais velhas. No primeiro instar, as lagartas medem 1,9 mm de comprimento, com cápsula cefálica medindo 0,3 mm de largura. Já as larvas de último instar têm o corpo cilíndrico, de coloração marrom-acinzentada no dorso, esverdeada na parte ventral e subventral, que também apresenta manchas de coloração marrom-avermelhada. Assim que eclodem, as lagartas passam a se alimentar das folhas mais novas do milho, raspando-as (Gallo et al., 2002). Quando está no último estágio, a lagarta mede cerca de 50 mm de comprimento e a largura da cápsula cefálica varia de 2,7 a 2,78 mm. A duração

da fase larval varia de 12 a 30 dias, dependendo das condições climáticas (Cruz, 1995).

Quando esse período termina, as lagartas penetram no solo, onde se transformam em pupas. Inicialmente, a pupa é de coloração verde-clara com o tegumento transparente. Nesta fase, o corpo é frágil e sensível à injúrias; depois de alguns minutos, a pupa torna-se alaranjada; mais tarde, passa à coloração marrom-avermelhada; e, próximo à emergência, a pupa torna-se escura, quase preta, com comprimento de cerca de 13 a 16 mm por 4,5 mm de diâmetro (Cruz, 1995). O período pupal é oito dias no verão e aproximadamente, de 25 dias no inverno, após o qual ocorre a emergência dos adultos (Gallo et al., 2002).

Essa espécie atinge o nível de praga principalmente na região tropical e durante períodos de seca. No milho safrinha, a lagarta ocorre desde a germinação até a fase de maturação. As larvas menores (1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> instares) consomem parte das folhas e mantêm a epiderme intacta, aparentando o sintoma de raspagem. As lagartas maiores perfuram as folhas e desenvolvem-se no cartucho do milho. Podem também se alimentar do colmo, causando sua quebra, ou seccionar 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).

Segundo Metcalf & Flint (1965), *S. frugiperda* 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 & Marival (1981) em várias regiões da França.

No que se refere às plantas hospedeiras, há uma lista bastante extensa de plantas pertencentes a diferentes famílias, sobre as quais *S. frugiperda* ocorre de tal forma que pode ser classificada como polífaga (Silva et al., 1968; Leiderman & Sauer, 1953). Entretanto, Lucchini (1977) salientou sua marcante preferência pelas gramíneas como milho, sorgo, arroz, cana-de-açúcar e pastagens.

Existe na literatura um considerável volume de informações sobre a resistência de milho à lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*. Os países que mais se destacam nesta área são os EUA, sobretudo os Estados do Mississippi e

Geórgia, e o México, onde diversos materiais têm sido identificados como portadores de genes para resistência à *S. frugiperda* e outras pragas (Silveira et al., 1997).

A redução na produtividade da cultura pode ocorrer tanto pela redução da área fotossintética como pelo acamamento da planta (Fenton, 1952). Além disso, a qualidade do grão pode ser comprometida no caso da penetração da lagarta na espiga (Ota, 2009).

As formas de controle existentes, principalmente as químicas, apresentam desvantagens de expor o agricultor e o meio ambiente à substâncias tóxicas e de onerar o processo produtivo (Reis & Miranda Filho, 2003). Desta forma, a utilização de genótipos resistentes serve como mais uma ferramenta no manejo integrado de pragas, visando à diminuição de aplicação de agrotóxicos.

### **2.3. Controle de *Spodoptera frugiperda***

Segundo Dequech et al. (2007), *Spodoptera frugiperda* tem recebido atenção especial quanto ao desenvolvimento de métodos de controle que reduzam a aplicação de inseticidas, principal forma de controle utilizada pelos produtores. A tendência no controle de insetos é para reduzir o uso de inseticidas convencionais, não só por causa do custo, mas também para minimizar os danos ao meio ambiente e evitar o desenvolvimento de resistência aos pesticidas (Wiseman, 1994).

O uso de produtos químicos para controle de pragas tem sido extensivamente utilizado. Entretanto, o uso de agroquímicos vem sendo recomendado, associado com táticas e estratégias que possibilitam uma redução da população da praga, realizando, assim, o manejo integrado de pragas. Dentre essas medidas, pode ser enfatizada a utilização de cultivares resistentes no controle da lagarta-do-cartucho, que vem sendo bastante estudada, principalmente nos Estados Unidos (Wiseman et al., 1966; Scott & Davis, 1981; Ng et al., 1990; Videla et al., 1992).

Painter (1968) *apud* Bueno (2006) define a resistência de plantas aos insetos como a soma relativa de qualidades hereditárias possuídas pela planta

a qual influencia o resultado do grau de dano que o inseto causa. Isto representa a capacidade que possuem certas plantas de alcançarem maior produção de boa qualidade, do que outras cultivares, em geral, em igualdade de condições. Portanto, a resistência é uma condição genética.

Siloto (2002) relatou que a utilização da resistência varietal por meio de melhoramento genético é uma importante ferramenta no controle de pragas. Atualmente, o método de resistência de plantas aos insetos tem sido valorizado dentro dos programas de melhoramento de plantas, embora Rosseto (1967) enfatiza que todos os métodos de controle têm suas vantagens e limitações. O uso de cultivares resistentes não é a solução para todos os problemas, mas deve ser incluído como opção em programa amplo e racional de controle integrado, já que se permite utilizar concomitantemente com outras táticas de controle, sendo economicamente viável e harmoniosa com o meio ambiente. Esse método possibilita a manutenção da população desses organismos em um nível abaixo do dano econômico (Silveira et al., 1998; Painter, 1951; Lara, 1991; Vendramim & Nishikawa, 2001).

Para defender-se dos ataques de insetos, as plantas podem desencadear mecanismos que influenciam no comportamento dos insetos quanto à alimentação, oviposição e abrigo. Esses mecanismos podem ser do tipo antixenose (não-preferência) e antibiose. Uma planta apresenta resistência do tipo não-preferência quando é menos preferida pelo inseto para alimentar-se, ovipositar ou abrigar que outra em igualdade de condições, e apresenta antibiose quando contém algumas substâncias prejudiciais ao desenvolvimento do inseto (Panda & Khush, 1995).

Segundo Bernays & Chapman (1994), o que possibilita a seleção e utilização de genótipos resistentes a insetos no manejo integrado de pragas é a variação intra-específica das plantas, permitindo aos insetos escolher hospedeiros que proporcionem condições de reprodução e alimentação.

Embora o desconhecimento do mecanismo, da herança e das causas da resistência não seja limitante para o desenvolvimento de um programa de melhoramento visando resistência aos insetos, de acordo com Smith et al. (1989), a elucidação dessas variáveis seria muito útil ao progresso do programa, contribuindo para a escolha do método de melhoramento adotado, a

previsão da duração e a eficiência da resistência e para a ajuda no planejamento de novas linhas de ação a serem seguidas na solução de problemas futuros (Viana & Potenza, 2000).

### **2.3.1. Resistência de milho à lagarta-do-cartucho**

Vários estudos têm sido realizados em laboratório com o objetivo de se detectar resistência do tipo antibiose, principal fator de redução da população de pragas (Lara, 1991), avaliando-se o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* em diferentes acessos de milho (Silveira et al., 1997; Siloto et al., 2002; Lima et al., 2006).

Lunginbill (1969) relatou que o método mais eficiente e ideal para combater insetos que atacam plantas é desenvolver variedades resistentes aos insetos.

A identificação e avaliação de fontes de resistência em cultivares de milho e sorgo foram estudadas por vários autores (Wiseman et al., 1996; Viana & Guimarães, 1997), das quais, segundo Costa et al. (2006) diversas são as linhagens que foram registradas e recomendadas.

Na literatura, há registro de várias fontes de resistência genética do milho à pragas. Waquil et al. (2002) destacam, como fontes de resistência à *Spodoptera frugiperda*, os genótipos do grupo Antigua. Mencionaram ainda que não tenham sido encontradas outras fontes com alto nível de resistência à lagarta do cartucho.

Segundo Willians et al. (1997) nos últimos 15 anos, mais de 30 cultivares de milho resistentes à *Spodoptera frugiperda* e outras pragas foram registradas e distribuídas. Entretanto, a maioria das fontes de resistência encontradas é proveniente do grupo Antigua e tem a base genética muito estreita.

Silveira et al. (1997) avaliaram a biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) em genótipos de milho (*Zea mays*), comparando-se diferentes fontes de resistência. Dentre os onze acessos (5 linhagens americanas, 5 genótipos do IAC e uma raça centro-americana) estudados, 5 deles são menos

adequados ao desenvolvimento do inseto, assim como 3 deles foram considerados mais adequados ao desenvolvimento.

Antibiose e não-preferência são os mecanismos de resistência à *S. frugiperda* observados nos diferentes genótipos de milho testados por alguns autores (Viana & Potenza, 1992; Davis & Williams, 1997; Silveira et al., 1998).

#### **2.4. O melhoramento do milho-pipoca**

No melhoramento do milho-pipoca, consideram-se, além da produtividade e caracteres agronômicos de interesse, aspectos relacionados à qualidade da pipoca, como textura e maciez. Ao agricultor, interessam a produtividade elevada e os demais atributos de boa variedade de milho normal e ao consumidor, alta capacidade de expansão (CE) (Simon et al., 2004).

Como dito anteriormente, a capacidade de expansão dos grãos tem importância fundamental na cultura do milho-pipoca e é definida pela razão entre o volume expandido e a massa de grãos utilizada para a expansão. Genótipos com maiores índices de capacidade de expansão têm maior valor comercial, devido à maior textura e a maciez da pipoca (Zinsly & Machado, 1987).

No Brasil, o índice médio da CE em mL.mL<sup>-1</sup> encontrado por Pacheco et al. (1996) foi de 15,4 , comparado a de 24,0 em pipoca importada da Argentina. O valor máximo em híbridos comerciais americanos dos anos 80, segundo Alexander (1988), foi 44 mL.g<sup>-1</sup>. Simon (2004) fez comparações de variedades brasileiras com as norte-americanas de milho-pipoca e mostrou que a qualidade da pipoca brasileira era muito inferior. No primeiro Ensaio Nacional de milho-pipoca, realizado no ano agrícola 1991/92, a CE média foi de 17,5 mL.mL<sup>-1</sup> e a média da melhor cultivar foi de 20,8 mL.mL<sup>-1</sup>. Na década de 40, a CE de híbridos e populações comerciais nos Estados Unidos variava de 23,2 a 32,7 mL.g<sup>-1</sup>. Uma boa população de milho-pipoca deve ter CE acima de 21 mL.mL<sup>-1</sup>, enquanto que valores acima de 26 mL.mL<sup>-1</sup> indicam excelente pipoca (Galvão et al., 2000).

As principais características das plantas e grãos para o melhoramento genético são a alta produtividade, o baixo acamamento e quebramento das

plantas, a alta resistência às doenças e às pragas, a alta capacidade de expansão e boas características organolépticas como maciez, sabor, aroma e cor da flor da pipoca (Alexander & Creech, 1977).

Apesar da grande variabilidade genética de germoplasma de milho no Brasil, pouco se sabe em relação ao potencial genético de diferentes materiais como fontes de resistência às infestações de insetos. A caracterização de germoplasma e a identificação de novas fontes de resistência para serem utilizados no desenvolvimento de novas variedades comerciais tornam-se mais importantes quando se depara com a presença ou o aumento dos ataques de insetos (Alvarez & Miranda Filho, 2002).

Os trabalhos com a cultura do milho-pipoca são escassos, sobretudo aos ligados à incidência de pragas. Entretanto, acredita-se que as pragas que atacam a cultura do milho comum prejudicam também a cultura do milho-pipoca.

Particularmente no caso da lagarta-do-cartucho, a síntese e melhoramento de populações com elevados níveis de resistência pode ser uma estratégia apropriada para o desenvolvimento de cultivares de elevado padrão agrônômico (Reis & Miranda Filho, 2003).

## **2.5. Análise dialélica**

O termo dialelo é utilizado para expressar um conjunto de  $n(n-1)/2$  híbridos, resultante do acasalamento entre  $n$  genitores (linhagens, variedades, clones, etc.), os quais podem ser avaliados por meio de metodologias de análise dialélica, podendo incluir, além dos pais, os híbridos recíprocos e/ou outras gerações relacionadas, tais como retro-cruzamentos, F<sub>2</sub>'s, etc (Cruz, 2001).

Devido ao grande número de informações que essa análise pode oferecer ao melhorista, esta é frequentemente utilizada em programas de melhoramento de diversas culturas, sendo mais intensamente na cultura do milho (Hallauer & Miranda Filho, 1981; Amaral Júnior, 1996).

O potencial genético de diferentes materiais normalmente é estudado em cruzamentos controlados; Neste sentido, o cruzamento dialélico é um

método que tem sido útil e largamente utilizado para estimar o valor potencial dos genótipos por si, sua capacidade de combinação e efeitos de heterose (Hallauer & Miranda Filho, 1995).

Um dialelo parcial envolve dois grupos de genitores e seus respectivos cruzamentos, semelhante ao modelo fatorial proposto por Comstock & Robinson (1948). Algumas adaptações dos modelos de Griffing (1956), Gardner & Eberhart (1966) e Hayman (1954), para esse dialelo, tem possibilitado maximizar as informações sobre os grupos estudados com um menor número de cruzamentos em comparação ao dialelo balanceado (Cruz, 2001).

Em uma análise dialélica, os conceitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), definidos por Sprague & Tatum (1942), são amplamente utilizados em programas de melhoramento. Esses autores definem que o termo “Capacidade Específica de Combinação” (CEC) é utilizado para designar alguns casos nos quais certas combinações são relativamente melhores ou piores do que se deveria esperar de base na performance média de linhagens envolvidas. Já o termo “Capacidade Geral de Combinação” (CGC) é utilizado para mencionar o desempenho médio da linhagem em combinações híbridas.

## **2.6. Métodos de avaliação para detecção de genótipos resistentes**

Wiseman & Davis (1990) relataram que o avanço nas técnicas de criação massal, infestação e avaliação ajudou a desenvolver as pesquisas em busca de fontes de resistência a *S. frugiperda*. Segundo Nishikawa (1999), experimentos de laboratório complementam o trabalho de campo, sendo essenciais na investigação dos mecanismos e das bases da resistência.

Nos últimos anos, esforços estão sendo realizados para determinar os mecanismos e as bases físico-químicas da resistência das plantas. Geralmente, grande parte dos materiais recomendados como resistentes a *Spodoptera frugiperda* provinham das populações Antigua, grupos 1 e 2 e República Dominicana 1, germoplasma exótico do Caribe (Davis et al., 1999; Wiseman & Davis, 1979).



Wiseman et al (1981) avaliaram o efeito do genótipo resistente Antigua 2D-118 a respeito da alimentação e sobrevivência de *S. frugiperda* e observaram que o mesmo conservou a resistência durante os três anos em que foram conduzidos os experimentos, encontrando como principal mecanismo de resistência o de não-preferência.

No que se refere aos métodos de avaliação no campo, a literatura descreve várias técnicas utilizadas em experimentos de laboratório, casa de vegetação e em campo. Wiseman & Davis (1979) descreveram diferentes escalas de notas utilizadas nos experimentos de campo e em casa de vegetação (0 a 3; 0 a 5; 1 a 10; 0 a 9; medidas percentuais, etc.).

Além disso, Carvalho (1970) utilizou uma escala de 0 a 5 para definir a decorrência de danos na produção, realizando ensaios de campo em regiões onde havia forte pressão de seleção da praga nas culturas de milho. Por outro lado, os pesquisadores Willians et al. (1978) avaliaram cruzamentos dialélicos quanto à resistência a *Spodoptera frugiperda* sob infestação natural através de uma escala de 0 a 9 utilizada por Wiseman et al. (1966).

Para as avaliações em laboratório, Santos (2002) utilizou-se de avaliações do consumo de alimento, em que índices nutricionais, área foliar consumida e preferência alimentar são utilizadas como ferramentas para a verificação dos efeitos negativos de diferentes genótipos.

A avaliação da área foliar ingerida é considerada uma forma de se medir efeitos negativos de uma planta sobre a biologia do inseto. Além disso, tem sido utilizada como um dos indicativos da qualidade nutricional de diferentes espécies vegetais (Parra, 1991).

Em 1968, Waldbauer desenvolveu uma metodologia para determinação dos índices de nutrição quantitativa durante a fase larval. Posteriormente foi modificada por Scriber e Slansky Jr. (1981), que foi adotada para os demais trabalhos desenvolvidos de consumo e utilização de alimentos por insetos.

Panizzi & Parra (1991) relataram que a nutrição quantitativa é um ótimo método para a avaliação de plantas resistentes em ensaios de laboratório. Essa técnica consiste em avaliar quantidades de alimento consumido, digerido, assimilado, excretado, metabolizado e convertido em biomassa.

A análise dessas variáveis mostra como um organismo responde frente a um determinado tipo de alimento, pois, segundo Reese (1977), os insetos fitófagos não apresentam o mesmo desenvolvimento e crescimento quando se alimentam de diferentes hospedeiros. Essas diferenças no desenvolvimento do inseto não podem ser conferidas apenas à qualidade nutricional do alimento, já que muitas plantas possuem aleloquímicos que alteram, de alguma forma, o desenvolvimento do inseto. Uma mudança no crescimento do inseto pode ocorrer pela inibição da assimilação ou da eficiência de conversão do alimento ingerido ou, ainda, da combinação desses dois índices. A digestibilidade aparente (DA), a eficiência de conversão de alimento digerido (ECD), a eficiência de conversão de alimento ingerido (ECI) e, principalmente, o custo metabólico são índices nutricionais altamente variáveis em função da qualidade nutricional do hospedeiro.

Esses índices de consumo e utilização de alimentos por insetos são utilizados em estudos de nutrição, comunidade ecológica, comportamento, resistência de plantas aos insetos e controle de pragas. A maior parte dos trabalhos que utilizaram esses índices como critério analítico indica a adequabilidade dos alimentos fornecidos para o desenvolvimento do inseto (Kogan & Parra, 1981). Tais índices também são empregados no estudo das relações entre a quantidade de alimento ingerido e a sua conversão em biomassa, revelando que os componentes específicos da dieta, como água, nutrientes orgânicos e inorgânicos e metabólitos secundários de plantas podem afetar o comportamento e a fisiologia dos insetos (Sarro, 2006).

Vários trabalhos analisaram o consumo foliar de *S. frugiperda* em diferentes substratos alimentares. Machado et al. (1985) correlacionaram aspectos da biologia de *S. frugiperda* em couve “manteiga” com os resultados obtidos por outros autores, que utilizaram como substratos alimentares o milho, arroz e sorgo, registrando menor consumo foliar médio no terceiro instar em diante.

Chang et al. (2000) examinaram a influência de genótipos de milho resistentes e susceptíveis sobre o crescimento, desenvolvimento e fisiologia de *S. frugiperda*, observando que não houve diferença significativa na massa larval dos insetos criados em ambos os genótipos, porém a razão de

crescimento (RGR) e a eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) de lagartas alimentadas com material resistente foi significativamente menor do que para lagartas alimentadas com material susceptível. Contudo, a taxa de eficiência de conversão de alimento digerido (ECD), digestibilidade aparente (DA) e alimento ingerido (I) das lagartas não diferiram significativamente nos dois materiais avaliados.

Estudos relacionados ao ciclo biológico de insetos praga são importantes, uma vez que fornecem subsídios para a compreensão de aspectos como a duração das diferentes fases do inseto, bem como a viabilidade e fase reprodutiva do mesmo. Melo & Silva (1987) verificaram a influência de três cultivares de milho no desenvolvimento de *S. frugiperda* e observaram duração da fase larval variando de 14,71 a 21,49 dias, com viabilidade acima de 86 %. Quanto à duração do período pupal, obtiveram valores entre 9,34 a 13,70 dias, com viabilidade acima de 88 % e observaram que o maior peso de pupas foi de 241,00 mg.

Além de serem escassas as informações a respeito da biologia e ecologia nutricional de *S. frugiperda* em milho-pipoca, também não existem trabalhos que avaliem o consumo foliar, em termos quantitativos e qualitativos, com intuito de identificar genótipos de milho-pipoca mais resistente e/ou não preferidos.

Assim, esse trabalho objetivou, por meio de técnicas de avaliações no campo e em laboratório, identificar híbridos simples de milho-pipoca quanto à resistência a sua principal praga, a lagarta-do-cartucho.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Experimento em condições de Campo - Análise dialélica

O experimento foi instalado no dia 10 de fevereiro de 2009, em Maringá, Estado do Paraná, nas coordenadas 23°21' de latitude Sul, 52°04' de longitude Oeste e 510 m de altitude, em área experimental pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM). O experimento foi realizado em parcelas subdivididas no tempo, sendo que nas parcelas, foram distribuídos os tratamentos (híbridos de milho-pipoca) e, nas subparcelas, as avaliações ao longo do tempo. O delineamento experimental adotado foi blocos completos com tratamentos ao acaso, em quatro repetições. As parcelas experimentais consistiram de uma linha de semeadura de 5,0 m de comprimento, considerada como parcela útil.

O material genético utilizado, grupos P7 e P9, foi proveniente do programa de Melhoramento de Milho com características especiais desenvolvido pela Universidade Estadual de Maringá. As linhagens do grupo P7 são formadas por populações de clima temperado de origem americana, já as linhagens do grupo P9 são oriundas de populações do híbrido simples modificado, IAC 112 de clima tropical.

Os tratamentos consistiram de 36 híbridos simples de milho-pipoca, que formaram um dialelo parcial (Quadro 1) e mais quatro testemunhas comerciais: i) IAC 112, híbrido simples modificado recomendado pelo IAC; ii) IAC 125, híbrido triplo recomendado pelo IAC; iii) Jade, híbrido triplo da Pioneer; iv) Zélia, híbrido triplo da Pioneer.

**Quadro 1.** Híbridos simples de milho-pipoca obtidos pelo cruzamento de linhagens do grupo I-P7 e linhagens do grupo II-P9. Maringá-PR, 2009.

Grupo II	Grupo I					
	P 7.0	P 7.1	P 7.2.0	P 7.2.1	P 7.4.0	P 7.4.1
P 9.1	D1	D7	D13	D19	D25	D31
P 9.2	D2	D8	D14	D20	D26	D32
P 9.3	D3	D9	D15	D21	D27	D33
P 9.4	D4	D10	D16	D22	D28	D34
P 9.5	D5	D11	D17	D23	D29	D35
P 9.6	D6	D12	D18	D24	D30	D36

Os caracteres agronômicos avaliados foram: resistência genética à lagarta do cartucho, rendimento de grãos e capacidade de expansão.

### 3.1.1. Resistência genética à *S. frugiperda*

A resistência genética à lagarta do cartucho foi realizada por meio de avaliações de notas com uma escala visual de danos. As avaliações foram efetuadas aos 7, 10 e 14 dias após a emergência das plantas. Para isso, utilizou-se da escala visual de danos adaptada de Davis & Williams (1989) (Quadro 2). Em cada parcela foram observadas as quinze plantas centrais.

**Quadro 2.** Escala visual de danos para *Spodoptera frugiperda* (adaptada de Davis & Williams, 1989)

Notas	Descrição do Dano
Nota 1	Nenhum dano
Nota 2	Pequenas raspagens (diâmetro menor que 5 mm)
Nota 3	Pequenos furos (diâmetro menor que 5 mm)
Nota 4	Furos com 5 mm a 10 mm
Nota 5	Furos maiores que 10 mm
Nota 6	Cartucho destruído

### 3.1.2. Rendimento de grãos

O rendimento de grãos foi obtido pela debulha dos grãos de cada espiga da parcela, corrigidos para umidade de 15% e transformados para  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

### 3.1.3. Capacidade de expansão

A capacidade de expansão, em  $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$ , foi analisada em amostra de 30 g de grãos, que foram retiradas da parte centro-basal das espigas. Essas amostras foram armazenadas em câmara seca e fria. Quando as mesmas atingiram uma umidade próxima de 14%, foi mensurada a capacidade de expansão, com o auxílio de uma pipoqueira elétrica com controle automático de temperatura, desenvolvida pela Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa e

Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária (CNPDIA), regulada para uma temperatura de 280°C, durante aproximadamente 2 minutos, e por último, mensurado o volume da pipoca expandida em proveta graduada de 2.000 mL.

### **3.2. Experimentos em condições de Laboratório**

Os experimentos de laboratório consistiram de bioensaios para determinação dos parâmetros biológicos da lagarta-do-cartucho alimentada com folhas dos híbridos simples estudados.

#### **3.2.1. Local e instalações**

Os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Entomologia do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, instalado na Fazenda Experimental de Iguatemi, município de Maringá, Estado do Paraná.

#### **3.2.2. Obtenção de insetos e criação de manutenção**

Com o objetivo de fornecer insetos para a condução desta pesquisa, uma criação de *S. frugiperda* foi estabelecida no Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual de Maringá. Essa criação foi conduzida em câmara climatizada com temperatura de 25°C±1, umidade de 70%±10 e fotoperíodo de 12 horas.

Inicialmente, foram coletados ovos de *S. frugiperda* oriundos de áreas de plantio de milho localizadas na Fazenda Experimental de Iguatemi. Esses ovos deram origem às lagartas que foram, então, criadas em dieta artificial por duas gerações. Cerca de 40 pupas, de mesma idade, provenientes dessa criação foi colocada em gaiolas de oviposição e, após a emergência de adultos foi sexado.

As gaiolas de oviposição eram constituídas por potes de plástico de 9 cm de altura e 18 cm de diâmetro, forrados com papel jornal e fechados por tampa de mesmo diâmetro, com uma abertura para troca de ar com o

ambiente. O papel jornal foi trocado diariamente para a coleta das posturas, que eram, então, desinfetados para evitar a contaminação por microrganismos. A desinfecção foi feita submergindo os ovos em solução de formol a 5 % por 15 minutos e, em seguida, em uma solução de sulfato de cobre a 5 % por 5 minutos. Após esse procedimento, as posturas foram colocadas sobre um papel toalha absorvente para retirada do excesso de solução. Em seguida, foram colocadas dentro de placas de Petri (2 cm de altura e 7 cm de diâmetro) e vedadas por filme plástico para impedir a fuga das lagartas após a emergência.

Após a emergência, as lagartas, em número de duas, foram repassadas com um pincel nº 0 para copos cônicos plásticos transparentes e com tampa, com 6 cm de altura por 5,0 cm de diâmetro na parte superior e 4,0 cm de diâmetro na base, contendo cerca de 10 mL de dieta artificial no fundo do copo (Quadro 3). As lagartas foram mantidas nessas condições até atingirem o estágio de pupa, quando, então, foram retiradas com uma pinça e colocadas em placa de Petri. Em seguida, foram submersas em solução de formol a 10% por 15 minutos e transferidas para outro recipiente contendo solução de sulfato de cobre a 5%, ficando submersas por 3 minutos. Após esse procedimento, as pupas foram retiradas do recipiente e colocadas sobre uma folha de papel toalha para retirada do excesso da solução de sulfato de cobre. Depois de secas, as pupas foram transferidas para as gaiolas de oviposição.

**Quadro 3.** Composição da dieta artificial utilizada para a criação de lagartas de *Spodoptera frugiperda* em laboratório (Parra, 1992).

<b>Componentes</b>	<b>Quantidades*</b>
Feijão (variedade carioquinha)	250,00 g
Gérmem de trigo	200,0 g
Levedo de cerveja	125,0 g
Nipagin	3,15 g
Ácido ascórbico	12,0 g
Ácido sórbico	6,0 g
Formol 40%	12,0 mL
Agar	46,0 g
Água	3400 mL
Proteína de soja	100 g
Caseína	75 g
Mistura vitamínica	20 mL

\* Quantidade suficiente para 200 copos de dieta.

### **3.2.3. Material vegetal utilizado**

Para a obtenção do material vegetal, foi necessário que lotes previamente selecionados fossem mantidos em casa de vegetação. Os mesmos foram semeados em vasos contendo solo, colocando-se três sementes por vaso. As plantas receberam irrigação diária e adubação de cobertura com uréia (45% de N), bem como todos os tratamentos culturais que se fizeram necessário para seu pleno desenvolvimento. As folhas de milho utilizadas para alimentação das lagartas foram retiradas no período de 15 a 40 dias após emergência.

### **3.2.4. Biologia comparada de *S. frugiperda* em milho-pipoca**

O estudo da biologia de *S. frugiperda* foi realizado comparando o desenvolvimento do inseto nos híbridos: IAC 112 (alta resistência) e Jade (suscetível) (testemunhas de milho-pipoca) e dos híbridos simples experimentais de milho-pipoca de sementes amarelas da UEM, previamente selecionados no campo.

Os híbridos foram selecionados de acordo com a análise dialélica, realizada por meio do software GENES (Cruz, 2001). Foi realizada uma análise para produtividade, capacidade de expansão e para resistência à lagarta do cartucho.

#### **3.2.4.1. Instalação do experimento em laboratório**

Esse ensaio foi conduzido em laboratório, em câmara climatizada com temperatura de  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ , umidade de  $70\%\pm 10$  e fotoperíodo de 12 horas. Para o seu desenvolvimento, foi instalado um experimento seguindo o delineamento inteiramente ao acaso com 11 tratamentos (nove híbridos simples experimentais de milho-pipoca e duas testemunhas comerciais) e dez repetições, sendo uma lagarta por repetição, mantida individualizada para evitar o canibalismo. Cada tratamento possuía uma testemunha para cálculo de



perda de água. Dessa forma, os dados referentes a cada uma das repetições foram obtidos por meio do cálculo da média das lagartas vivas no momento da avaliação.

Após a emergência, as lagartas, obtidas da criação de manutenção, foram individualizadas em placas de Petri de acrílico com dimensões de 9,0 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura (uma unidade experimental, isto é, cada parcela) contendo uma porção de folha de milho e algodão umedecido para manter a turgescência da folha. O alimento foi trocado diariamente, sendo que as lagartas foram alimentadas com folhas dos mesmos híbridos até atingirem o estágio de pupa. Imediatamente após emergirem, os adultos foram transferidos para gaiolas contendo algodão embebido em solução aquosa de mel a 10 %.

#### **3.2.4.2. Variáveis biológicas avaliadas**

Para determinação das variáveis biológicas foram observados:

- fase de ovo: período médio de incubação (dias), viabilidade (%);
- fase larval: duração (dias), massa média e final, e viabilidade (%);
- fase pupal: duração (dias), viabilidade (%), massa com 24 h de idade (g);
- fase adulta: longevidade de adultos (dias), deformação (%) e oviposição;
- ciclo total (de ovo a adulto): duração (dias) e viabilidade (%).

#### **3.2.4.3. Consumo e utilização de alimentos**

O consumo dos 11 híbridos de milho-pipoca por *S. frugiperda* foi avaliado durante toda a fase larval do inseto e os dados finais foram obtidos das médias das 10 repetições de cada tratamento. O alimento foi trocado diariamente, assim como foram mensurados a área foliar da folha fresca, a massa fresca do alimento fornecido, a massa do alimento ingerido, a massa das fezes produzidas e a massa das lagartas.

### **3.2.4.3.1. Massa do alimento ingerido**

Seguindo a metodologia proposta por Sarro (2006), a massa do alimento ingerido (I) foi calculada indiretamente, subtraindo a massa da sobra do alimento corrigido (Sc) da massa do alimento fornecido (AF) no dia anterior, de acordo com a fórmula:

$$(I) = AF - Sc$$

Em que:

- Sc=sobra do alimento corrigido=S\*Fc;
- S=massa da sobra da folha;
- (Fc) =Fator de correção= (1-TD/TA);
- TA=massa da folha testemunha antes;
- TD=massa da folha testemunha depois.

### **3.2.4.3.2. Massa dos excrementos**

Os excrementos foram coletados e pesados individualmente para cada lagarta durante todo o período larval para obtenção do peso total de excrementos produzidos (F). A mensuração diária dos excrementos produzidos começou a ser realizada após o quinto dia de vida das lagartas, pois a quantidade inicial produzida não foi suficiente para sensibilizar a balança analítica. Desta forma, o primeiro dado obtido representou a produção de excrementos acumulado no período.

### **3.2.4.3.3. Massa das lagartas**

A massa das lagartas foi obtida diretamente das pesagens individuais realizada durante todo o período larval. A mensuração diária da massa das lagartas também começou a ser realizada após o 5º dia de vida, pois nos primeiros dias a massa foi insuficiente para sensibilizar a balança. Assim como no caso das fezes, o primeiro dado obtido representou a massa acumulado das lagartas no período.

A massa diária de cada lagarta foi acumulativa, assim, a pesagem realizada no último dia da fase larval é igual ao ganho total de massa ou massa final das lagartas. A massa média das lagartas durante o período larval foi obtido por meio do seguinte cálculo:

$$(P_m) = \sum P \text{ diário} / N, \text{ onde:}$$

$$N = \text{duração do período larval em dias}$$

#### **3.2.4.3.4. Índices de consumo e utilização**

Com base nesses dados, foram calculados os seguintes índices de consumo e utilização de alimentos, conforme proposto por Waldbauer (1968) com as alterações feitas por Scriber e Slansky Jr. (1981):

- Taxa de consumo relativo:  $RCR = I / (P \cdot T)$ ;
- Taxa metabólica relativa:  $RMR = M / (P_m \cdot T)$ ;
- Taxa de crescimento relativo:  $RGR = P_f / (P_m \cdot T)$ ;
- Eficiência de conversão do alimento ingerido:  $ECI = (P_f / I) \cdot 100$ ;
- Digestibilidade aparente:  $DA = (A / I) \cdot 100$ ;
- Eficiência de conversão do alimento digerido:  $ECD = P_f / A \cdot 100$ .

Em que:

- T = tempo de duração do período larval;
- I = massa do alimento ingerido (consumido) durante T;
- P<sub>f</sub> = massa final das lagartas;
- P<sub>m</sub> = massa média das lagartas durante T;
- F = fezes = alimento não digerido + produtos de excreção durante T;
- A = I - F = alimento assimilado durante T;
- M = A - P<sub>f</sub> = alimento metabolizado durante T.

### 3.2.5. Determinação da área foliar consumida

A área foliar foi avaliada por meio do programa Determinador Digital de Áreas - DDA® (Ferreira et al., 2008), sendo que a área foliar consumida (AC) foi calculada por meio da diferença entre a área da folha (AF), antes de ser fornecida às lagartas, e área foliar que restou (AR) depois de 24 horas disponíveis ao inseto. A determinação da área foliar consumida (AI) foi calculada indiretamente por meio da relação entre o alimento ingerido (I) e a densidade superficial média (DSm), de acordo com a fórmula:

$$(AI) = I / DSm,$$

Em que:

-Dom = Densidade superficial média =  $\Sigma DS / n$ ;

-DS = Densidade superficial =  $TA / \text{Área}$ , em que

-n = número de repetições da folha testemunha por tratamento;

-Área = área da folha determinada no DDA;

-TA = massa da folha antes.

Dessa forma, foi avaliada a suscetibilidade dos híbridos simples ao dano provocado por essa praga por meio da área foliar consumida pelas lagartas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Experimentos em condições de campo

#### 4.1.1. Rendimento

A variável rendimento de grãos (kg/ha), na análise de variância, pelo teste F a 5 % de probabilidade, apresentou diferenças significativas na capacidade geral de combinação (CGC), tanto para o grupo I (oriundas do grupo P7 formadas por populações de clima temperado de origem americana), como para o grupo II (originadas do grupo P9 de populações do híbrido simples modificado IAC-112) e também para a capacidade específica de combinação (CEC) (Quadro 4).

A média geral de rendimento para o experimento foi de 1533,43 kg/ha, que segundo Scapim et al. (2002), é uma média considerada baixa em relação aos híbridos experimentais de milho-pipoca.

**Quadro 4.** Análise de variância para rendimento (em kg.ha<sup>-1</sup>) de milho-pipoca.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Prob.
CRUZAMENTOS	35	17522134,91	500632,43	3,71	.
CGC G-I-P7	5	4560464,40	912092,88	6,76	0,00*
CGC G-II-P9	5	6826545,53	1365309,11	10,12	0,00*
CEC IxII	25	6135124,98	245405,00	1,82	0,02*
RESÍDUO	240	15790985,73	134965,70		
Média	1533,43				

\*p<0.05

De acordo com o Quadro 5, o híbrido P7. 4.0 X P9.2 apresentou a maior estimativa de  $\hat{s}_{ij}$  (483,608), seu progenitor do grupo II apresentou a maior estimativa de  $\hat{g}_i$  (230.125), mas o progenitor do grupo I apresentou uma das menores estimativas (-61,708). O híbrido P7.1 X P9.6 apresentou o segundo maior valor de  $\hat{s}_{ij}$  (411,158), enquanto que seus progenitores apresentaram estimativas de  $\hat{g}_i$  um pouco baixas (grupo I de -122,242 e do grupo II 91,508). Para o híbrido P7.4.0 X P9.1, a estimativa de  $\hat{s}_{ij}$  foi a terceira maior (350,042) e seus progenitores obtiveram boas estimativas para  $\hat{g}_i$  do

grupo I (212,625) e do grupo II (230,125). Por apresentarem boas estimativas para rendimento, foram selecionados para o experimento de laboratório.

**Quadro 5.** Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) do Grupo I, do Grupo II, nas marginais, da capacidade específica de combinação (CEC), e médias de rendimento em parênteses ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de híbridos simples de milho-pipoca de um dialelo parcial. Geraldi e Miranda Filho (1988)

CE	P7.0	Médias	P7.1	Médias	P7.2.0	Médias	P7.2.1	Médias	P7.4.0	Médias	P7.4.1	Médias	CGC (G)
P9.1	-60,43	(1449,2)	-64,59	(1170,7)	-214,29	(1077,9)	110,13	(1137,4)	350,04	(1882,9)	-120,86	(1064,0)	212,63
P9.2	194,44	(2032,0)	-293,33	(1269,9)	10,48	(1630,6)	-177,41	(1177,8)	483,61	(2344,4)	-217,79	(1294,9)	-61,71
P9.3	-121,1	(1711,3)	-94,98	(1463,1)	107,92	(1722,9)	278,54	(1628,6)	-286,54	(1569,1)	116,16	(1623,7)	-4,81
P9.4	12,34	(1941,9)	-135,53	(1519,7)	276,58	(1988,7)	-37,31	(1409,9)	-403,99	(1548,8)	287,91	(1892,6)	-269,73
P9.5	-30,48	(1945,7)	177,26	(1879,1)	-25,64	(1733,1)	34,88	(1528,7)	-216,81	(1782,6)	60,79	(1713,0)	235,86
P9.6	5,23	(1396,2)	411,16	(1527,8)	-155,04	(1018,5)	-208,83	(699,8)	73,692	(1487,9)	-126,21	(939,87)	-112,24
CGC(GII)	-236,4		91,508		86,36		183,51		230,125		-355,08		
DP( $\hat{g}_i$ )			68,46										
DP( $\hat{g}_i - \hat{g}_i'$ )			106,05										
DP( $\hat{s}_{ij}$ )			153,07										
DP( $\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik}$ )			237,14										
DP( $\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kj}$ )			237,14										
DP( $\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl}$ )			212,11										

#### 4.1.2. Capacidade de expansão

A capacidade de expansão apresentou diferenças significativas, pelo teste F a 5% de significância, para a CGC do grupo I e II, e também para a CEC de I x II (Quadro 6).

A média geral da capacidade de expansão foi de  $25,70 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$ , bem próximo do valor encontrado por Vieira et al (2009) que foi de  $25,86 \text{ mL}\cdot\text{g}^{-1}$ . Na escala  $\text{mL}\cdot\text{mL}^{-1}$ , Galvão et al. (2000) afirmam que índices de capacidade de expansão entre 21 e 26 são considerados bons e acima de 26 são excelentes. Na escala de  $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$ , no Estado do Paraná, as empacotadoras trabalham com um índice mínimo de 30.

**Quadro 6.** Quadro de análise de variância para capacidade de expansão (CE em mL.g<sup>-1</sup>)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Prob.
Cruzamentos	35	1206,60	34,47	2,38	0,00*
CGC G-I-P7	5	394,55	78,91	5,45	0,00*
CGC G-II-P9	5	167,73	33,55	2,32	0,05*
CEC IxII	25	644,32	25,77	1,78	0,02*
Resíduo	117	1695,05	14,49		
Média	25,70				

\*p<0.05

De acordo com o Quadro 7, o híbrido P 7.0 X P 9.5 obteve uma das maiores estimativas de  $\hat{s}_{ij}$  (2,853), seu genitor do grupo I apresentou boa estimativa de  $\hat{g}_i$  (1,964), mas o progenitor do grupo II mostrou um baixo valor de  $\hat{g}_i$  (-2,469). O híbrido P 7.4.1 X P 9.4 obteve boa estimativa de  $\hat{s}_{ij}$  (2,820), apresentou bom valor de  $\hat{g}_i$  do grupo I (2,664) e baixa estimativa de  $\hat{g}_i$  do grupo II(-0,719). Esses dois híbridos obtiveram boas estimativas e foram selecionados para compor o experimento de laboratório.

**Quadro 7.** Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) do Grupo I, do Grupo II, nas marginais e da capacidade específica de combinação (CEC), e das médias da capacidade de expansão em parênteses (mL.g<sup>-1</sup>) de híbridos simples de milho-pipoca de um dialelo parcial. Geraldi e Miranda Filho (1988)

CE	P7.0	Médias	P7.1	Médias	P7.2.0	Médias	P7.2.1	Médias	P7.4.0	Médias	P7.4.1	Médias	CGC(I)
<b>P9.1</b>	-1,381	(26,6)	-0,581	(28,3)	1,703	(28,2)	-0,431	(29,9)	0,503	(25,7)	0,186	(27,3)	0,314
<b>P9.2</b>	-1,064	(25,6)	-1,764	(25,8)	0,520	(25,7)	0,986	(30,0)	-1,281	(22,6)	2,603	(28,4)	1,214
<b>P9.3</b>	-5,064	(20,2)	2,036	(28,2)	0,920	(24,7)	1,286	(28,9)	-0,381	(22,1)	1,203	(25,6)	-1,169
<b>P9.4</b>	1,353	(27,5)	-1,047	(26,0)	-4,864	(19,8)	1,503	(30,0)	0,236	(23,6)	<b>2,820</b>	(28,1)	2,664
<b>P9.5</b>	<b>2,853</b>	(27,6)	-0,047	(25,6)	2,836	(26,1)	-2,497	(24,6)	1,936	(23,9)	-5,081	(18,8)	-2,469
<b>P9.6</b>	3,303	(28,6)	1,403	(27,6)	-1,114	(22,7)	-0,847	(26,8)	-1,014	(21,5)	-1,731	(22,7)	-0,553
<b>CGC(II)</b>	1,964		0,647		-0,753		0,131		-1,269		-0,719		
<b>DP(<math>\hat{g}_i</math>)</b>			0,70925										
<b>DP(<math>\hat{g}_i - \hat{g}_i'</math>)</b>			1,09877										
<b>DP(<math>\hat{s}_{ij}</math>)</b>			1,58594										
<b>DP(<math>\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik}</math>)</b>			2,45693										
<b>DP(<math>\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ij}</math>)</b>			2,45693										
<b>DP(<math>\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl}</math>)</b>			2,19754										

#### 4.1.3. Determinação da resistência à lagarta-do-cartucho

A avaliação de notas realizada no campo, a fim de identificar os híbridos com menores danos foliares, através da escala visual de danos, adaptada de Davis & Willians (1989), está representada no Quadro 8.

**Quadro 8.** Notas de danos atribuídas às plantas de milho-pipoca quanto a resistência a *Spodoptera frugiperda*. Maringá-PR, 2008.

Trat*	Notas	Trat	Notas	Trat	Notas	Trat	Notas
1	2.07	11	2.05	21	2.31	31	2.17
2	2.12	12	1.87	22	2.19	32	2.44
3	1.78	13	2.42	23	2.14	33	2.34
4	1.79	14	2.19	24	2.43	34	1.86
5	2.09	15	1.88	25	2.19	35	2.33
6	2.17	16	2.02	26	2.35	36	2.13
7	2.28	17	2.09	27	2.05	37	1.96
8	2.51	18	1.88	28	2.51	38	1.96
9	2.48	19	1.95	29	1.86	39	2.37
10	1.92	20	1.88	30	1.82	40	2.18

\*Trat= Tratamento

De acordo com o Quadro 9, o teste F a 5% de significância apresentou diferenças significativas para os cruzamentos a CGC G-I e a CEC I X II, já para CGC G-II não houve diferença significativa (Quadro 9).

**Quadro 9.** Quadro de análise de variância para a resistência à lagarta do cartucho (notas)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Prob.
CRUZAMENTOS	35	42,41	1,21	2,12	0,00 *
CGC G-I-P7	5	6,68	1,34	2,33	0,04 *
CGC G-II-P9	5	3,55	0,71	1,24	0,29 <sup>ns</sup>
CEC IxII	25	32,19	1,29	2,25	0,00 *
RESÍDUO	240	137,36	0,57		
Média	2,98				

\*p<0.05  
ns p>0.05

No Quadro 10, pode-se observar as CGCs dos genitores e a CEC dos híbridos quanto à resistência a lagarta do cartucho (RLC), que foi mensurada por meio de avaliação de notas, na qual as menores estimativas de  $\hat{s}_{ij}$  correspondiam aos materiais mais resistentes.



O híbrido P7.0 X P9.3 obteve a menor estimativa de  $\hat{s}_{ij}$  (-0,582) para essa variável e seu progenitor do grupo I obteve boa estimativa de  $\hat{g}_i$  (-0,175). O híbrido P7.2.1 X P9.1 apresentou a segunda melhor estimativa de  $\hat{s}_{ij}$  (-0,572) e seu progenitor obteve boa estimativa de  $\hat{g}_i$  do grupo I (-0,236). O híbrido P7.4.1 X P9.1 obteve a terceira melhor estimativa de  $\hat{s}_{ij}$  (-0,542) e seu progenitor do grupo I apresentou boa estimativa (-0,236). O híbrido P 7.4.0 X P 9.4 apresentou a maior estimativa de  $\hat{s}_{ij}$  (Quadro 10), indicando, por essa análise, ser o híbrido menos favorável para RLC, sendo assim, selecionado a fim de experimentá-lo também nos testes de laboratório.

**Quadro 10.** Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) do Grupo I, do Grupo II, nas marginais, e da capacidade específica de combinação (CEC), para resistência à lagarta-do-cartucho (RLC) de híbridos simples de milho-pipoca de um dialelo parcial. Geraldi e Miranda Filho (1988)

RLC	P7.0	P7.1	P7.2.0	P7.2.1	P7.4.0	P7.4.1	CGC(GI)
P9.1	0,050	0,335	0,768	<b>-0,572</b>	-0,039	<b>-0,542</b>	-0,236
P9.2	-0,052	0,263	0,246	-0,984	-0,210	0,736	0,099
P9.3	<b>-0,582</b>	0,443	-0,434	0,296	-0,110	0,386	-0,175
P9.4	-0,225	-0,340	-0,287	0,423	<b>1,106</b>	-0,677	-0,005
P9.5	0,315	-0,180	0,073	-0,077	-0,254	0,123	-0,098
P9.6	0,495	-0,520	-0,367	0,913	-0,494	-0,027	0,415
CGC(GII)	0,145	0,247	-0,043	-0,240	-0,070	-0,040	
<b>DP(<math>\hat{g}_i</math>)</b>		0,141					
<b>DP(<math>\hat{g}_i - \hat{g}_i'</math>)</b>		0,212					
<b>DP(<math>\hat{s}_{ij}</math>)</b>		0,315					
<b>DP(<math>\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{ik}</math>)</b>		0,488					
<b>DP(<math>\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kj}</math>)</b>		0,488					
<b>DP(<math>\hat{s}_{ij} - \hat{s}_{kl}</math>)</b>		0,434					

Assim, os híbridos selecionados quanto ao rendimento, capacidade de expansão e resistência à *Spodoptera frugiperda*, para dar sequência nos experimentos de laboratório, são apresentados no Quadro 11.

**Quadro 11.** Híbridos selecionados quanto à análise dialélica para rendimento (Rend) (kg.ha<sup>-1</sup>), capacidade de expansão (CE) (mL.g<sup>-1</sup>) e resistência à lagarta-do-Cartucho (RLC).

Híbridos	Nome dos híbridos	Seleção quanto a
P 7.4.1 X P 9.4	UEM-1	CE
P 7.2.1 X P 9.1	UEM-2	RLC
P7.4.0 X P9.2	UEM-3	Rend
P7.4.0 X P9.1	UEM-4	Rend
P 7.4.0 X P 9.4	UEM-5	RLC
P 7.0 X P 9.5	UEM-6	CE
P7.1 X P9.6	UEM-7	Rend
P 7.4.1 X P 9.1	UEM-8	RLC
P 7.0 X P 9.3	UEM-9	RLC
Híbrido simples modificado	IAC 112	Testemunhas
Híbrido triplo	JADE	Testemunhas

## 4.2. Experimentos em laboratório

### 4.2.1. Variáveis do ciclo biológico

#### 4.2.1.1. Fase de ovo

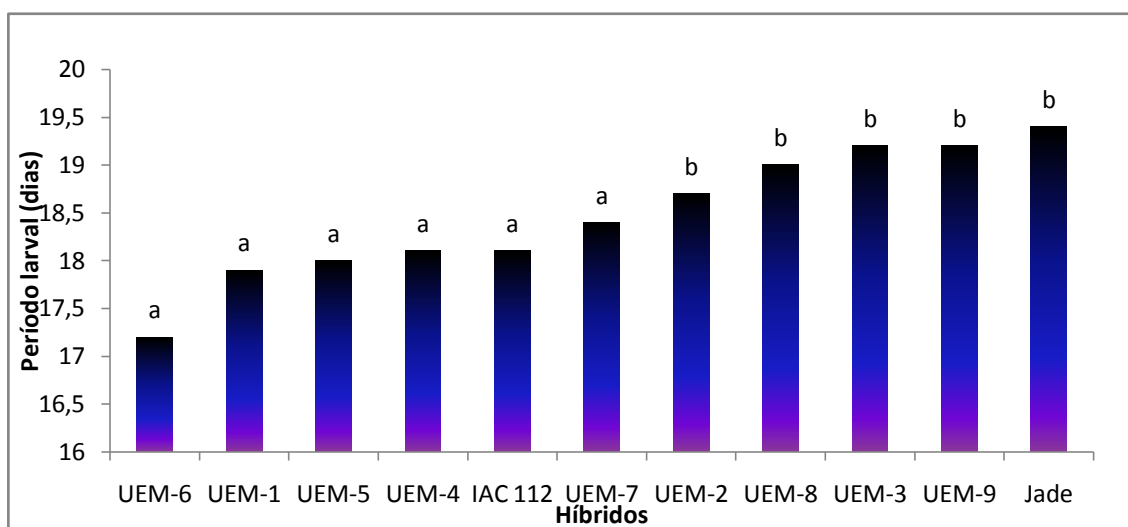
O período médio de incubação dos ovos colocados por fêmeas originárias de lagartas alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca testados foi três dias e não diferiu entre os tratamentos. Resultados semelhantes foram obtidos por Cruz (1995), Cruz et al. (1997), Gallo et al. (2002) e Sarro (2006), estudando a biologia de *S. frugiperda* em diferentes variedades de milho. As fêmeas adultas, alimentadas durante a fase larval com os híbridos de milho-pipoca: UEM-2, UEM-4, UEM-7, UEM-8 e IAC 112 não realizaram posturas. Essa variável é absoluta, já que não foram realizados testes estatísticos na mesma. Isso pode acarretar uma não-preferência dos adultos do inseto para oviposição nesses híbridos, isto é, pode representar desfavorecimento do ciclo biológico total do inseto.

## 4.2.2. Fase larval

### 4.2.2.1. Período larval médio

O período larval médio geral das lagartas alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca foi 18,5 dias (Quadro 12). Resultado semelhante foi obtido por Sarro (2006) estudando a biologia de *S. frugiperda* em algodão e milho. Enquanto Veloso et al. (1982) relataram um menor período larval desta espécie também em folhas de milho.

Observou-se que o menor período larval médio foi 17,6 dias, ocorrendo em lagartas que se alimentaram do híbrido UEM-6. O maior período larval foi observado em lagartas que se alimentaram do híbrido de milho-pipoca comercial JADE, sendo este de 19,4 dias (Figura 1).



**Figura 1.** Período larval médio (dias) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com os híbridos de milho-pipoca. Maringá, PR. 2009.

De acordo com a análise estatística realizada para esse fator, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) (Quadro 12). Carbonari et al. (1998) relatam que as diferenças na duração da fase larval podem ser atribuídas à qualidade de cada genótipo como alimento. Parra (1991) salienta que tanto a quantidade e a qualidade do alimento consumido por insetos, durante a fase larval, comprometem, entre outros aspectos, a duração do ciclo biológico. Essa variável não diferiu significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para os híbridos UEM-1, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7 e

IAC 112, e ainda obtiveram as menores médias em relação aos outros híbridos. Bavaresco et al.(2003) afirmam que quanto maior for a ampliação da fase larval, maior a deficiência nutricional que o alimento apresentou ao inseto.

**Quadro 12.** Análise de variância para período larval, em dias, de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá- PR. 2009

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Híbridos	10	39,20	3,92	2,689	0,0059*
Erro	99	144,30	1,46		
Total	109	183,50			
CV(%)	6,53				
Média geral	18,50				

\*p<0,05

#### 4.2.2.2 Massa larval final

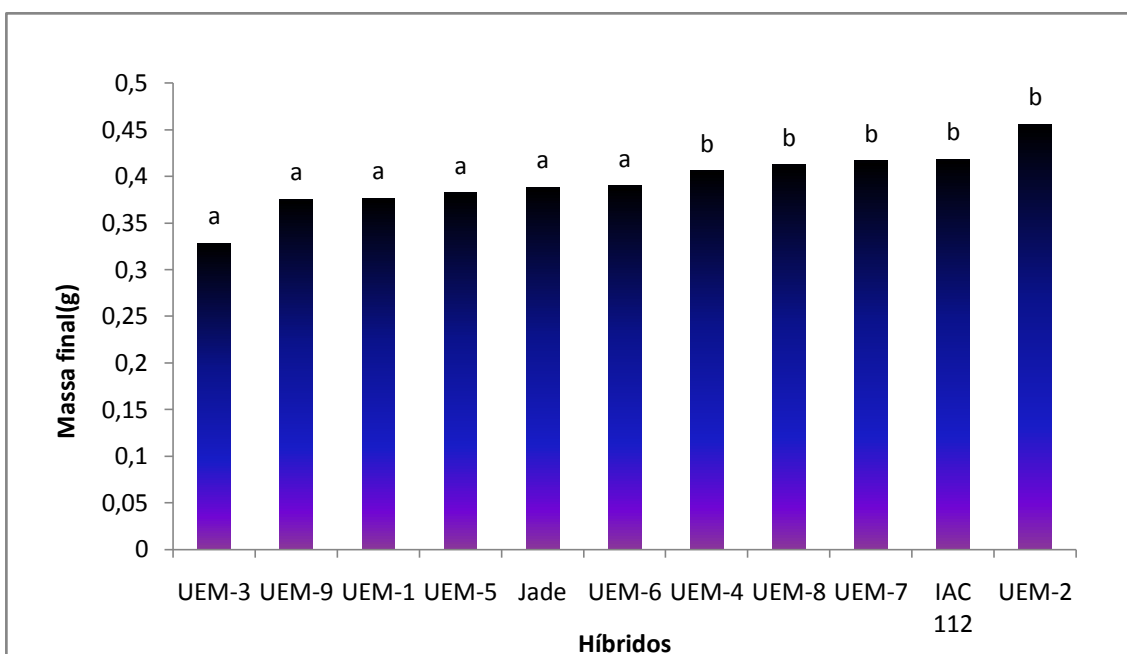
A massa larval final corresponde ao ganho de massa durante o período larval, isto é, a massa corporal acumulada durante o seu desenvolvimento. A massa final média geral das lagartas alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca testados foi 0,395 g (Quadro 13). Veloso et al. (1983) avaliando os danos de *S. frugiperda* em milho e algodão, relataram massa média de lagartas, no seu máximo desenvolvimento, de 0,410g.

**Quadro 13.** Análise de variância para massa final das lagartas (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá- PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>Fc
Híbridos	10	0,105046	0,010505	2,404	0,0134*
Erro	99	0,432661	0,004370		
Total	109	0,537706			
CV(%)	16,72				
Média geral	0,395				

\*p<0,05

De acordo com a análise estatística aplicada ao teste F, a 5% de probabilidade, houve diferença significativa para essa variável (Quadro 13). A menor massa final foi observada no tratamento na qual as lagartas foram alimentadas com o híbrido UEM-3 e a maior massa final para lagartas alimentadas com o híbrido UEM-2 (Figura 2).



**Figura 2.** Massa larval final em g, de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

#### 4.2.2.3. Massa larval média

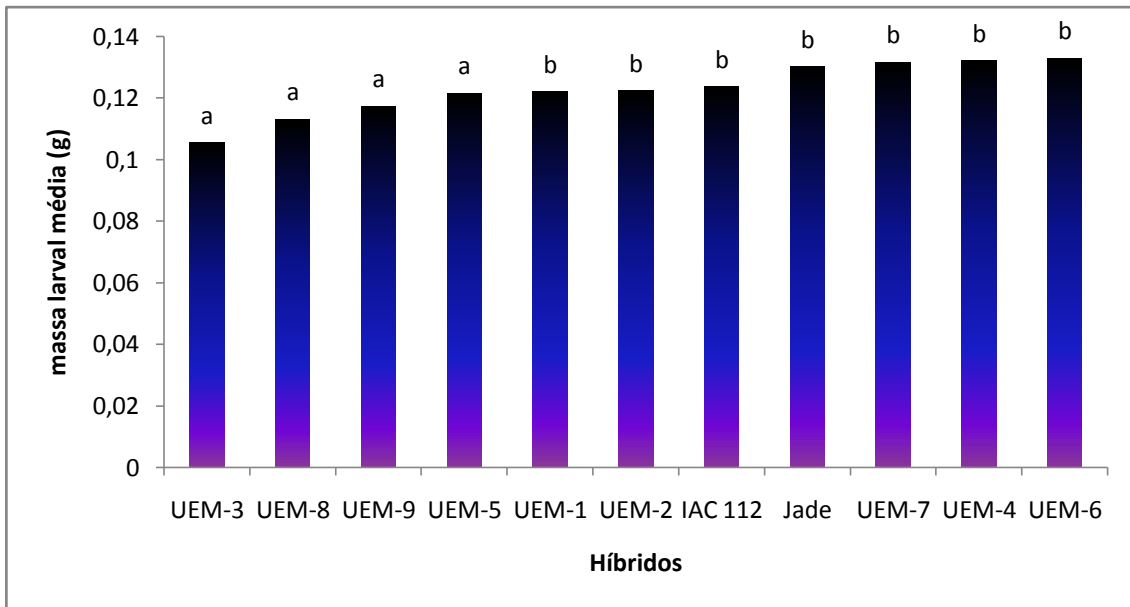
A massa larval média geral foi 0,123 g (Quadro 14). A menor massa larval foi encontrada em lagartas alimentadas com o híbrido UEM-3 e a maior para lagartas alimentadas com o híbrido UEM-6 (Figura 3).

**Quadro 14.** Análise de variância para massa larval média (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá- PR, 2009.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>Fc
Híbridos	10	0,007474	0,000747	3,630	0,0004*
Erro	99	0,020384	0,000206		
Total	109	0,027858			
CV(%)	11,65				
Média geral	0,123				

\*p<0,05

Quanto à massa média larval, de acordo com a análise estatística, utilizando o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, houve diferença significativa entre os híbridos testados.



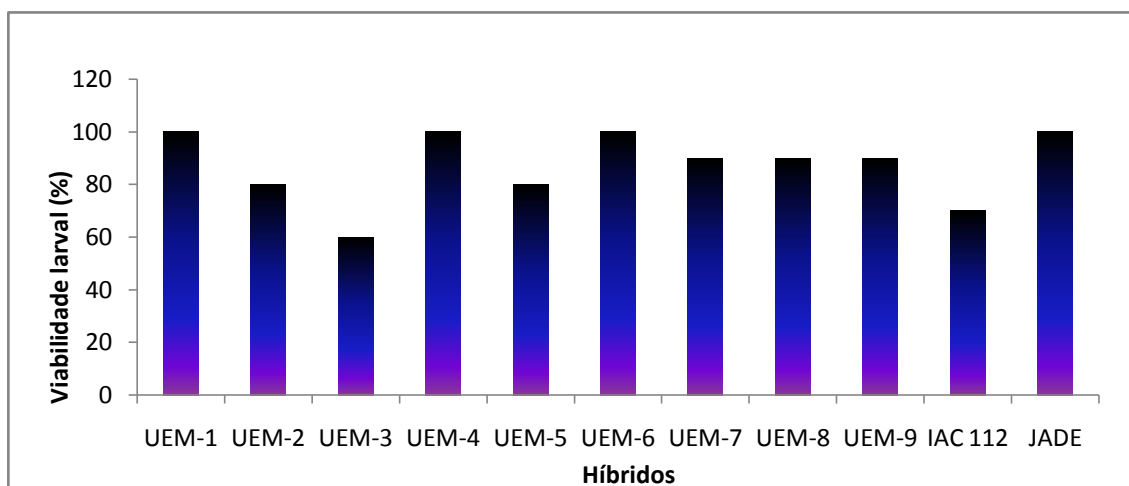
**Figura 3.** Massa larval média (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

As lagartas alimentadas com os híbridos UEM-3, UEM-8 e UEM-9 obtiveram as menores médias de massa e diferiram significativamente dos outros tratamentos. Os autores Vendramin & Fancelli (1988) em estudo realizado a fim de observar o efeito de diferentes genótipos de milho na biologia de *S. frugiperda*, observaram que, entre os diferentes genótipos, houve efeito significativo no peso das lagartas (aos 8 dias) entre 67 e 130 mg.

#### 4.2.2.4. Viabilidade larval

A viabilidade larval em todos os tratamentos ficou acima de 60%. O maior valor, 100%, foi observado para os híbridos UEM-1, UEM-4, UEM-6 e JADE, enquanto os menores valores foram verificados para os híbridos UEM-3, 60%, e IAC 112, com 70% de viabilidade larval (Figura 4). Lima et al. (2006), ao analisarem diferentes acessos de milho quanto à resistência à mesma lagarta, encontraram três acessos que afetaram a viabilidade larval das lagartas (43 a 63%), que poderiam ser considerados como resistentes dentre os acessos pesquisados. Silveira et al. (1997) argumentam que não é sempre que a viabilidade larval é afetada sensivelmente por acessos resistentes, e Vendramim & Fancelli (1988) relatam que obtiveram alta viabilidade das larvas

alimentadas com o acesso Zapalote Chico, considerado um dos menos adequados ao desenvolvimento de *S. frugiperda*.



**Figura 4.** Viabilidade larval, em %, para lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

### 4.2.3. Fase pupal

#### 4.2.3.1. Período pupal

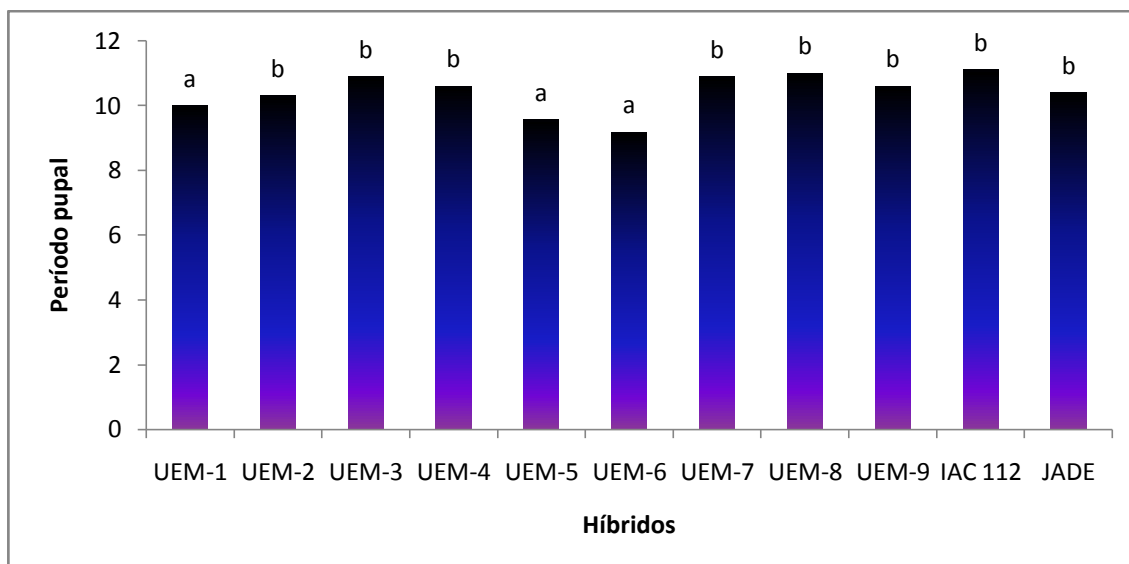
A duração do período pupal médio geral das lagartas alimentadas por híbridos de milho-pipoca testados foi de 10,41 dias (Quadro 15). O maior tempo de duração do período pupal foi encontrado para o híbrido IAC 112 e o menor, para o híbrido UEM-6 (Figura 5). Pinheiro et al. (2008) relataram um período pupal médio de 9,08 dias para lagartas alimentadas com milho-comum. Enquanto Sarro (2006) obteve um tempo médio da fase de pupa de 10,35 dias para lagartas alimentadas com folhas do milho AL 25.

**Quadro 15.** Análise de variância para período médio das pupas (dias), de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>Fc
Híbridos	10	38,73	3,87	4,684	0,0000*
Erro	99	81,86	0,82		
Total	109	120,59			
CV(%)	8,74				
Média geral	10,41				

\*p<0,05

Os maiores valores de período pupal foram observados em lagartas que, durante a fase larval, se alimentaram dos híbridos: UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Esses híbridos não diferiram entre si, mas diferiram dos outros híbridos, pelo teste de Scott-knott, com  $p < 0,05$ , (Figura 5).



**Figura 5.** Período pupal (dias) para lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

#### 4.2.3.2. Massa média pupal

A massa média geral das pupas, mensurado após 24h de metamorfose, foi 0,189 g (Quadro 16). Pinheiro et al. (2008) encontraram uma massa média de pupas de 0,219 g, enquanto Sarro (2006) encontrou uma massa média de 0,227 g. Dentre os tratamentos testados no presente experimento, o menor valor de massa pupal foi obtida para o híbrido UEM-3 e o maior valor para o híbrido UEM-6 (Figura 6).

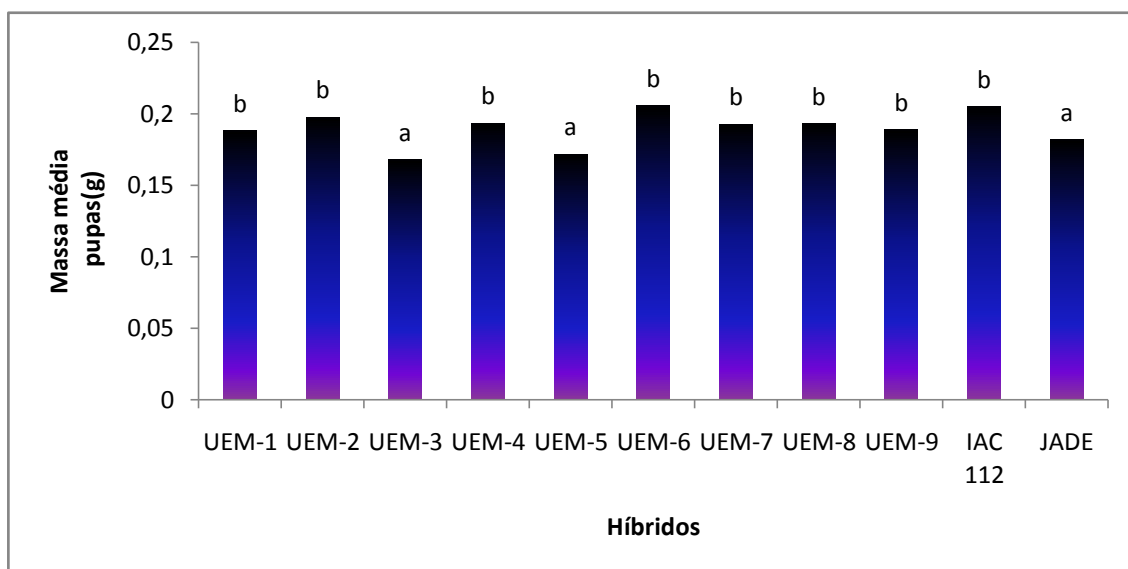
**Quadro 16.** Análise de variância para massa média das pupas(g), de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>Fc
Híbridos	10	0,014455	0,001445	2,415	0,0129*
Erro	99	0,059267	0,000599		
Total	109	0,073721			
CV(%)	12,90				
Média geral	0,189				

\* $p < 0,05$



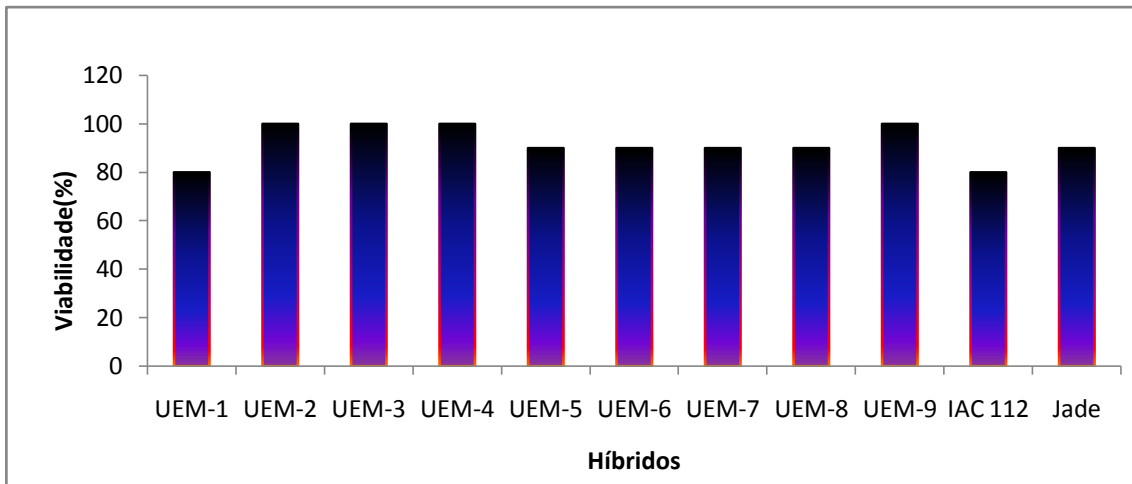
Os maiores valores de massa média pupal foram observadas em lagartas que, durante a fase larval, se alimentaram dos híbridos: UEM-1, UEM-2, UEM-4, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Esses híbridos não diferiram entre si, mas diferiram dos outros híbridos, pelo teste de Scott-knott,  $p < 0,05$  (Figura 6).



**Figura 6.** Massa média de pupas (g), cujas lagartas de *Spodoptera frugiperda* foram alimentadas com os híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

#### 4.2.3.3. Viabilidade de pupas

A viabilidade de pupas para todos os híbridos testados foi maior que 80%. Os menores valores foram observados nos tratamentos em que as lagartas foram alimentadas com híbridos UEM-1 e IAC 112, enquanto os maiores valores foram identificados para os híbridos UEM-2, UEM-3, UEM-4 e UEM-9 que atingiram viabilidade de 100% (Figura 7).



**Figura 7.** Viabilidade das pupas (%) para lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

Os menores valores encontrados para viabilidade de pupas de *S. frugiperda*, alimentadas com os híbridos UEM-1 e IAC 112, podem estar relacionados a alguma estrutura de resistência que interferiu negativamente na nutrição das lagartas. Segundo Scriber & Slansky Jr (1981), os fatores nutricionais podem afetar a fisiologia, o comportamento, a ecologia e a evolução de um inseto.

### 4.3. Fase adulta

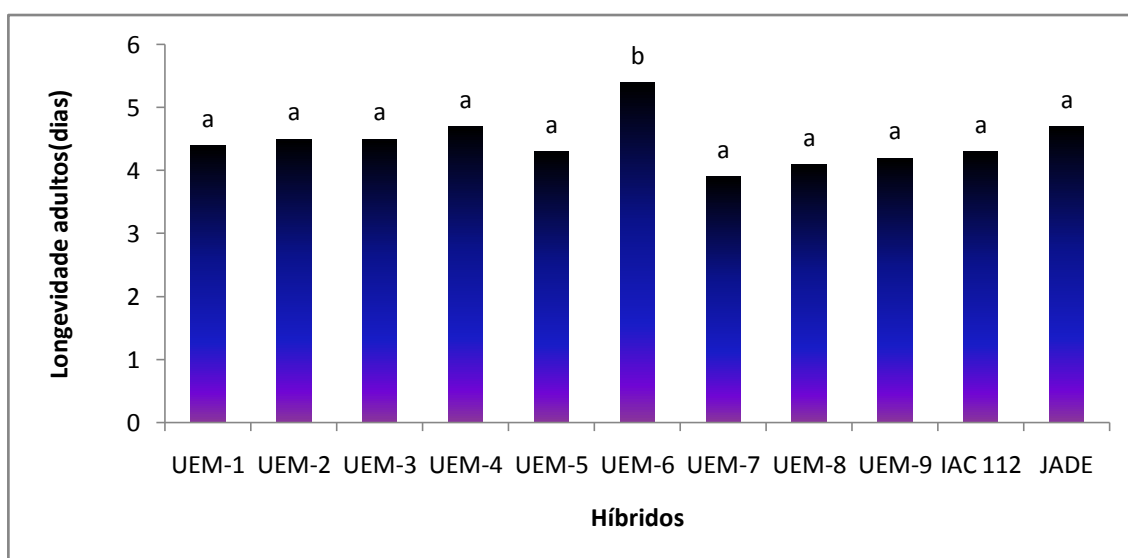
#### 4.3.1. Longevidade de adultos

A longevidade média dos adultos, que na fase larval foram alimentados pelos híbridos de milho-pipoca estudados, foi 4,45 dias (Quadro 17), sendo que a menor longevidade foi observada em indivíduos alimentados com o híbrido UEM-7. Já a maior longevidade foi alcançada por indivíduos alimentados pelo híbrido UEM-6 (Figura 8 e Quadro 17). Ao pesquisar parâmetros biológicos de *S. frugiperda* na cultura do milho, Sarro (2006) encontrou resultado semelhante para a longevidade média de adultos, 4,69 dias.

**Quadro 17.** Análise de variância para longevidade de adultos (dias) de *Spodoptera frugiperda*, que foram alimentados durante a fase larval com os híbridos de milho-pipoca (UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE). Maringá-PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	F	Pr>Fc
Híbridos	10	15,672727	1,567273	2,365	0,0149*
Erro	99	65,600000	0,662626		
Total	109	81,272727			
CV (%)	18,27				
Média geral:	4,45				

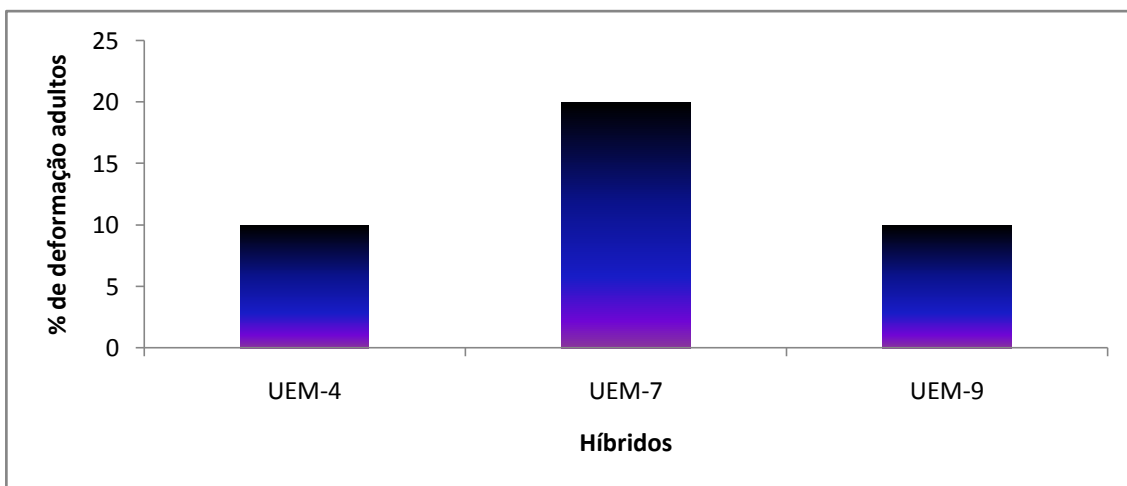
\*p<0.05



**Figura 8.** Longevidade de adultos (dias) de *Spodoptera frugiperda*, que foram alimentados durante a fase larval com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

#### 4.3.2. Deformação de adultos

Adultos deformados foram observados apenas em três (UEM-4, UEM-7 e UEM-9) dos 11 híbridos testados. O maior percentual de adultos deformados foi encontrado no híbrido UEM-7, já para os híbridos UEM-4 e UEM-9, foram observados 10% de deformação nos adultos (Figura 9). Siloto (2002), ao avaliar 12 genótipos de milho, não encontrou diferenças significativas para esse parâmetro, mas o mesmo variou entre 2,87 e 13,22% para os genótipos AG 1051 e CATI AL 30, respectivamente. Enquanto Sarro (2006), ao estudar parâmetros biológicos da lagarta no milho e algodão, encontrou 9 % de adultos defeituosos nos tratamentos com milho.



**Figura 9.** Porcentagem de deformação de adultos de *Spodoptera frugiperda* alimentados durante a fase larval com folhas de milho-pipoca UEM-4, UEM-7, UEM-9. Maringá-PR, 2009.

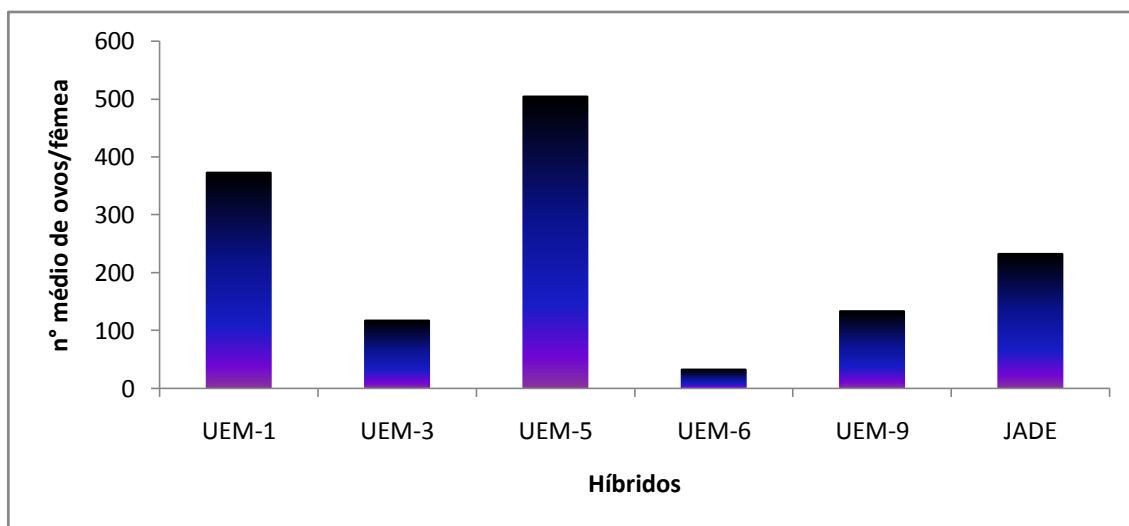
#### 4.3.3. Número de ovos

Assim como Santos (2002), foi verificado, em todos os genótipos, que algumas fêmeas, mesmo mantidas na presença de machos, não apresentaram oviposição. Isso pode ser observado na Figura 10, que, em apenas seis dos 11 tratamentos, ocorreu oviposição de adultos que na fase larval foram alimentados com folhas de milho-pipoca. O número de ovos/fêmea médio foi de 232,34, sendo que o maior número de ovos/fêmea (504,5) foi obtido com o híbrido UEM-5. O menor número de ovos por fêmea foi observado em adultos alimentados durante a fase larval com folhas do híbrido UEM-6. Os insetos alimentados com os híbridos UEM-2, UEM-4, UEM-7, UEM-8 e IAC 112 não apresentaram oviposição quando adultos.

Resultados acima da média foram encontrados por Santos (2002) que constatou diferenças quanto ao número de posturas por fêmea, que variou de 3 a 11, 1 a 11 e 2 a 8 para adultos cuja fase larval foram alimentados com os híbridos Elisa, BR 400 e BR Pampa, respectivamente. A mesma autora registrou o número de ovos por postura de 23 a 911, 26 a 675 e 14 a 901 para os mesmos genótipos citados acima.

Os resultados desse experimento indicam que a baixa relação de ovos/fêmea pode ser considerada, entre outros fatores, os genótipos testados,

podendo isso se cogitar em um menor crescimento populacional e, como consequência, menor potencial de perda.



**Figura 10.** Número médio de ovos colocados por fêmeas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas, durante a fase larval, com folhas de milho-pipoca UEM-1, UEM-3, UEM-5, UEM-6, UEM-9 e JADE. Maringá-PR, 2009.

#### 4.3.4. Ciclo biológico total

O ciclo biológico completo (de ovo a adulto) médio geral foi 36,2 dias (Quadro 18). Resultado semelhante foi encontrado por Patel (1981), que ressaltou que o ciclo evolutivo total variou de 36 a 50 dias, dependendo da temperatura. Chereguino & Menendez (1975) indicaram que a espécie apresenta um ciclo de ovo a ovo de 33,5 e 27,7 dias em *Amaranthus spinosus* e milho, respectivamente, podendo ocorrer 12 gerações por ano. Para Ferraz et al (1986), o ciclo total foi 34,75 dias para machos e 33,53 dias para fêmeas em temperatura de 25 °C.

Além da temperatura, vários outros fatores podem influenciar no desenvolvimento dos insetos. Segundo Scriber & Slansky (1981), a quantidade de água nas folhas e o conteúdo de nitrogênio (ou fatores relacionados) em experimentos de laboratório com lepidópteros e himenópteros podem pré-determinar os limites para o desenvolvimento larval. Ressaltam ainda que há dificuldade em se determinar fatores específicos associados com a quantidade

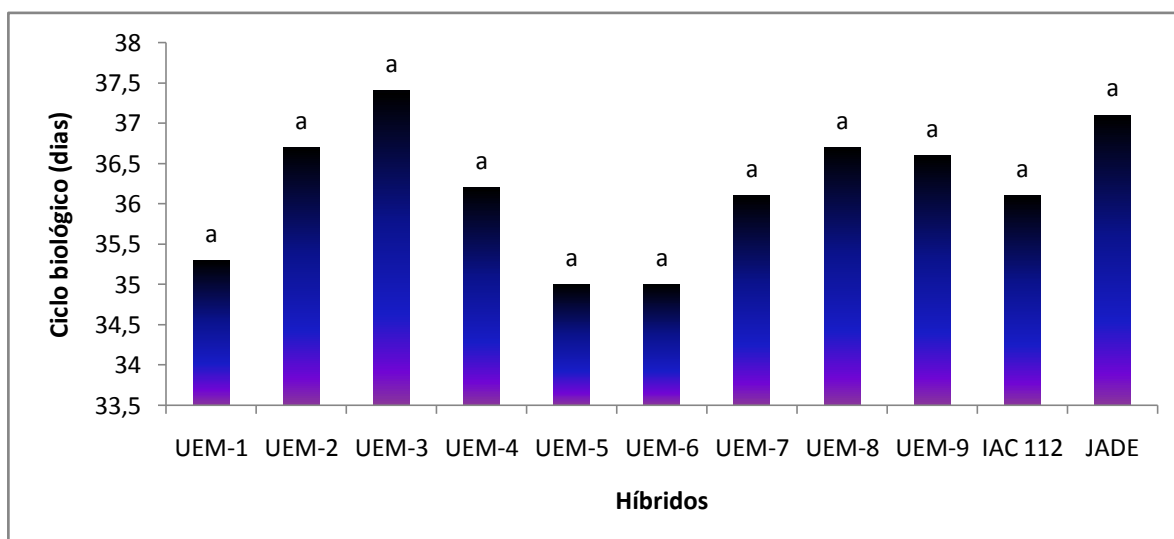
do alimento no campo, isso porque, tanto a qualidade quanto a quantidade dos nutrientes, bem como os aleloquímicos, podem sofrer alterações durante os estádios fenológicos da planta devido às mudanças ambientais.

**Quadro 18.** Análise estatística para duração do ciclo biológico completo de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com folhas dos híbridos UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	66,20	6,62	1,784	0,0733 <sup>ns</sup>
Erro	99	367,40	3,71		
Total	109	433,60			
CV(%)	5,32				
Media geral	36,2				

ns p>0,05

De acordo com o teste F( $\alpha=0,05\%$ ), não houve diferença significativa para essa variável, isto é, não houve diferença significativa para o ciclo biológico completo de *S. frugiperda* alimentada com os 11 híbridos de milho-pipoca. É possível observar, na Figura 11, o ciclo biológico completo para os híbridos em questão.



**Figura 11.** Ciclo biológico completo, de ovo a adulto, de *Spodoptera frugiperda* alimentados durante a fase larval com folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

## 5. Consumo e utilização dos alimentos

### 5.1. Massa alimento ingerido (I)

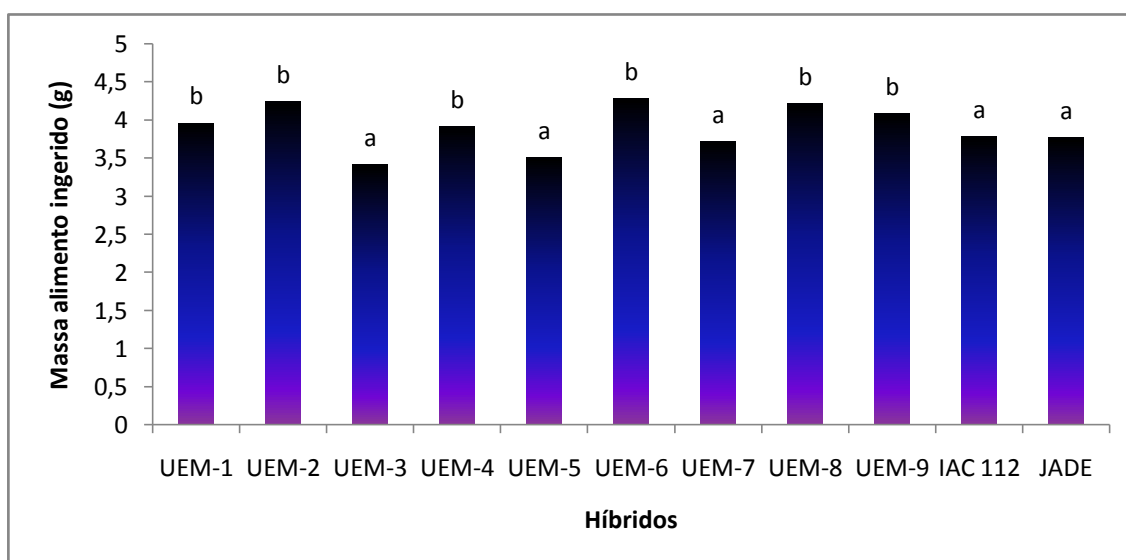
É possível verificar que na análise da quantidade de alimento ingerido (I) houve diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre os tratamentos, sendo que o consumo médio geral de folhas de milho-pipoca foi 3,90 g (Quadro 19), resultado semelhante observou Santos (2006) em seu estudo onde as lagartas consumiram cerca de 2,56 g de folhas de milho.

**Quadro 19.** Análise de variância para massa alimento ingerido (g) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* que se alimentaram dos híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	8,554900	0,855490	3,630	0,0004*
Erro	99	23,328817	0,235645		
Total	109	31,883717			
CV (%)	12,44				
Média geral:	3,90				

\* $p < 0,05$

Os híbridos UEM-3, UEM-5, UEM-7, IAC 112 e JADE foram os menos consumidos (Figura 12). Essa ingestão diferencial pode ser explicada por alguma característica que nesse estudo não foi avaliada, por exemplo, características físicas como dureza, pilosidade, textura, entre outros.



**Figura 12.** Massa alimento ingerido(g) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009

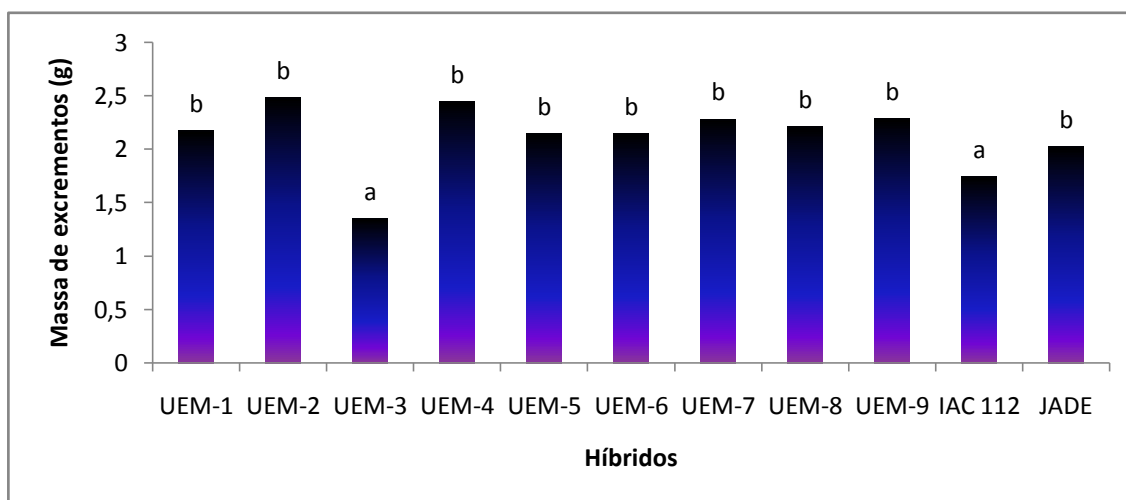
## 5.2. Massa de excrementos

A produção de excrementos média geral para lagartas alimentadas com os híbridos de milho-pipoca foi 2,094 g (Quadro 20). Os menores valores de massa de fezes foram constatados em lagartas alimentadas com os híbridos UEM-3 e IAC 112, que diferiram dos demais, pelo teste de Scott-Knott a 5% probabilidade (Figura 13).

**Quadro 20.** Análise de variância para excrementos (g) produzidos pelas lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	10,964272	1,096427	3,972	0,0001*
Erro	99	27,328303	0,276043		
Total	109	38,292575			
CV (%)	25,08				
Média geral:	2,09				

\*p<0,05



**Figura 13.** Massa excrementos(g) produzidos por lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

## 5.3. Área foliar consumida

A área foliar média geral consumida foi 273,82 cm<sup>2</sup> (Quadro 21). O híbrido UEM-2 apresentou a maior área foliar consumida com 308,21 cm<sup>2</sup>,

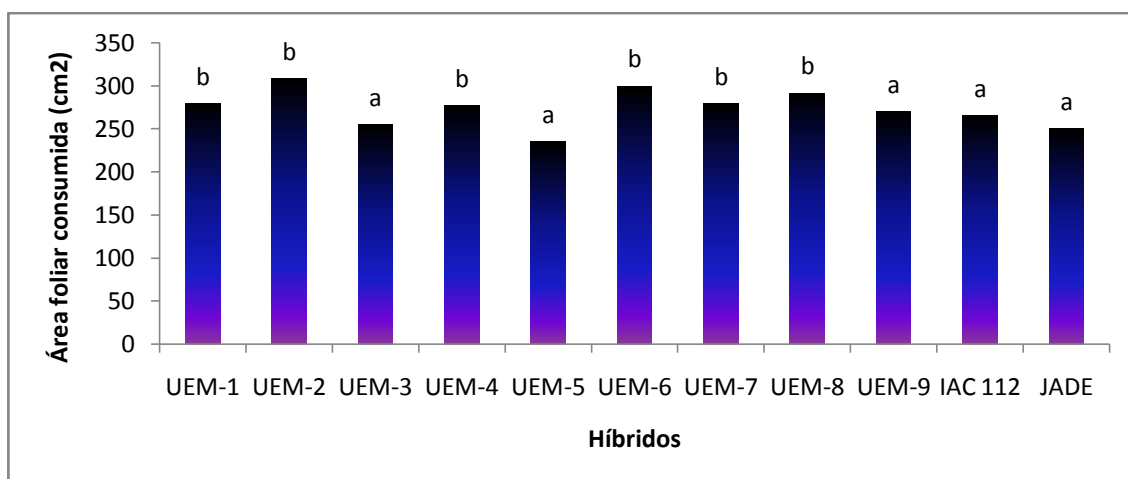


enquanto o híbrido UEM-5 apresentou menor valor, com 235,19 cm<sup>2</sup> (Figura 14). Segundo Sarro (2006), a área foliar consumida pelas lagartas tem relação direta com a quantidade ingerida e com o teor de matéria seca por unidade de área e está diretamente relacionada com o dano sofrido pelo cultivar. A lagarta precisa consumir uma área foliar maior de um cultivar com folhas mais finas para ingerir a mesma quantidade de matéria seca, provocando uma maior perda de área fotossintética. Isso pode explicar o fato de o híbrido UEM-7 ter uma das menores massas consumidas (3,72 g) e uma das maiores áreas consumidas, 279,44 cm<sup>2</sup>, assim como o híbrido UEM-9 apresenta uma das maiores massas foliares consumidas, 4,08 g, e uma das menores áreas foliares consumidas 269,80 cm<sup>2</sup> (Figura 14).

**Quadro 21.** Análise de variância para área foliar consumida (cm<sup>2</sup>) por lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	47192,811766	4719,281177	5,025	0,0000*
Erro	99	92972,495562	939,116117		
Total	109	140165,307328			
CV (%)	11,19				
Média geral:	273,82				

\*p<0,05



**Figura 14.** Área foliar consumida (cm<sup>2</sup>) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com híbridos de milho-pipoca durante todo o período de desenvolvimento. Maringá-PR, 2009.

#### 5.4. Alimento assimilado

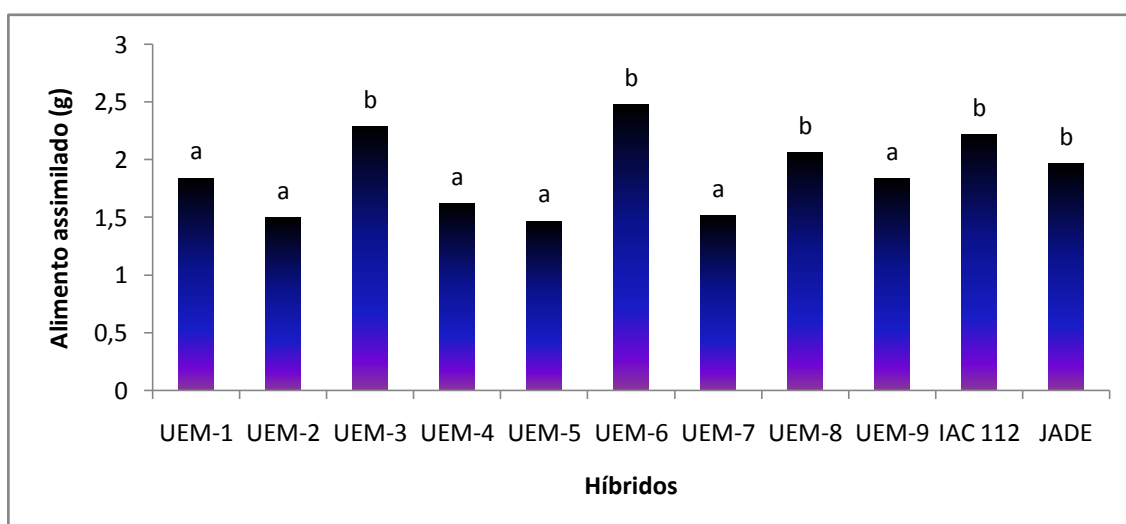
Essa variável indica quanto de alimento as lagartas ingeriram e foi utilizado para conversão em biomassa e para o metabolismo. Foi calculada através da fórmula:  $A = I$  (massa do alimento ingerido) -  $F$  (fezes). A análise de variância pelo teste F,  $\alpha=5\%$  (Quadro 22), acusou diferenças significativas entre os híbridos.

Pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (Figura 15), o híbrido UEM-5 obteve a menor quantidade de alimento assimilado (1,47 g), mas apresentou a segunda maior massa ingerida, menor área foliar consumida e o quarto menor peso larval. Já o híbrido UEM-3 obteve a segunda maior quantidade de alimento assimilado (2,29 g), menor massa foliar consumida, menor quantidade de fezes produzida, terceira menor área foliar consumida e menor peso larval final, que pode indicar boa digestibilidade.

**Quadro 22.** Análise de variância para alimento assimilado (g) pelas lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	12,032876	1,203288	4,780	0,0000*
Erro	99	24,922111	0,251738		
Total	109	36,954987			
CV(%)	26,55				
Média geral	1,89				

\* $p < 0,05$



**Figura 15.** Alimento assimilado (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que ingeriram folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

## 5.5. Alimento metabolizado

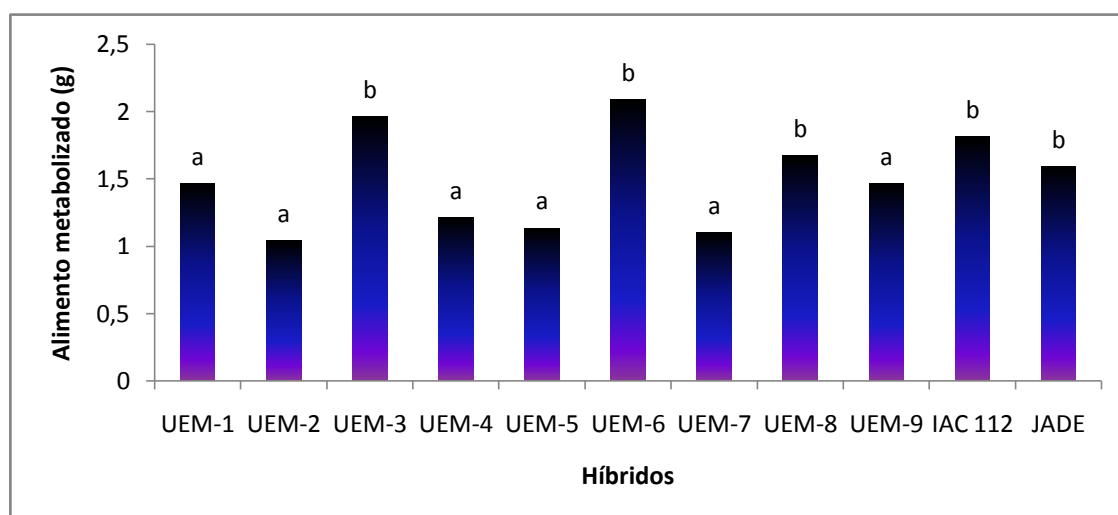
Essa variável representa a parte do alimento assimilado que foi utilizado na forma de energia para o metabolismo do inseto. Foi calculada através da fórmula:  $M$  (alimento metabolizado) =  $A$  (Alimento metabolizado) –  $P_f$  (Massa final das lagartas). Assim, essa variável é a quantidade do alimento assimilado que não foi transformado em biomassa pelo inseto. É possível verificar no Quadro 23 a análise de variância para esse fator, que indica também que houve diferença significativa, pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Quadro 23.** Análise de variância para alimento metabolizado(g) por lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	12,834845	1,283485	4,788	0,0000*
Erro	99	26,38411	0,268065		
Total	109	39,373257			
CV(%)	34,40				
Média geral	1,50				

\* $p < 0,05$

O alimento metabolizado por lagartas alimentadas com os híbridos de milho-pipoca UEM-1, UEM-2, UEM-4, UEM-5, UEM-7 e UEM-9 não diferiu entre si e formou o grupo das menores médias. Enquanto os híbridos UEM-3, UEM-6, UEM-8, IAC 112 e JADE, que não diferiram entre si, formaram o grupo com as maiores médias de alimento metabolizado (Figura 16).



**Figura 16.** Alimento metabolizado (g) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que ingeriram folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

O alimento metabolizado pelas lagartas do tratamento UEM-3 correspondeu a 85,66 % do alimento assimilado, ou seja, apenas 14,34 % do alimento assimilado foram transformados em biomassa, que levou estas lagartas a apresentarem o menor peso larval final dentre os tratamentos testados (Figura 16).

As lagartas alimentadas com os híbridos UEM-3, UEM-6, UEM-8 e JADE utilizaram quantidade significativamente maior de alimento para o metabolismo do que as alimentadas com os outros híbridos. Isto significa que as lagartas alimentadas com os híbridos UEM-3, UEM-6, UEM-8 e JADE necessitaram de mais energia para seu desenvolvimento do que as lagartas alimentadas com folhas dos híbridos UEM-1, UEM-2, UEM-4, UEM-5, UEM-7, UEM-9 e IAC 112 (Figura 16).

## 6. Índices de consumo e utilização

### 6.1. Taxa de consumo relativo (RCR)

Esse índice representa a quantidade de alimento consumido por grama de massa corpórea do inseto por dia, expresso em g/g.dia. A média geral da taxa de consumo relativo para todos os híbridos foi 0,86 g/g.dia (Quadro 24) com diferenças significativas entre os tratamentos segundo o teste F com 5% de probabilidade.

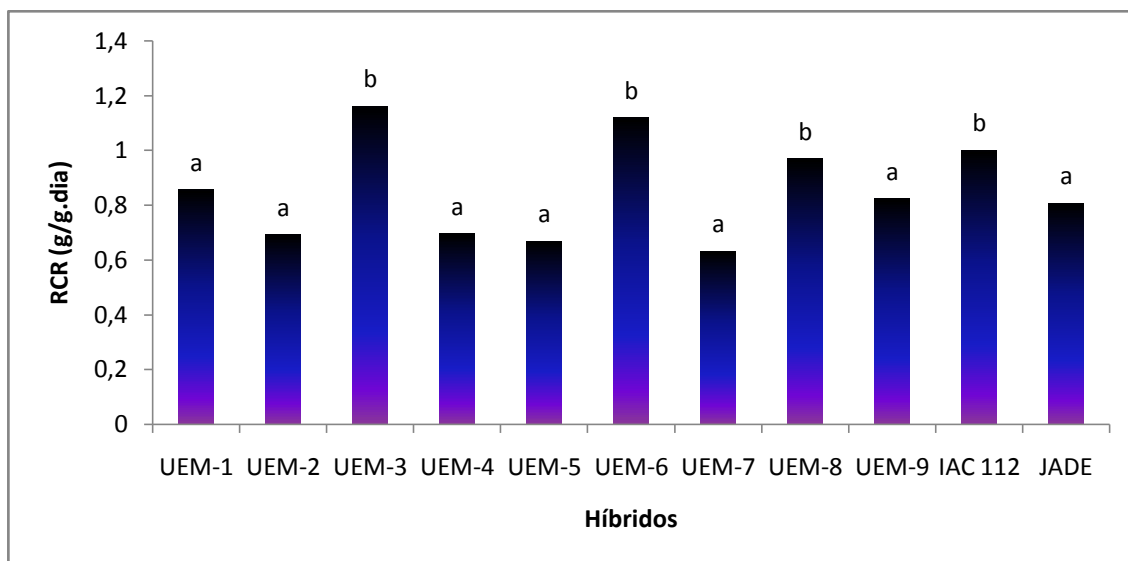
**Quadro 24.** Análise de variância para taxa de consumo relativo (g/g.dia) pelas lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	3,382563	0,338256	4,317	0,0001*
Erro	99	7,757625	0,078360		
Total	109	11,140188			
CV(%)	32,66				
Média geral	0,85				

\* p<0,05

De acordo com a análise estatística aplicada ao teste de Scott-Knott (p<0,05), uma das menores taxas de consumo relativo foi encontrada no

híbrido UEM-7, com 0,856 g, enquanto que a maior taxa foi observada em lagartas que se alimentaram do híbrido UEM-3, com 1,162 g (Figura 17).



**Figura 17.** Taxa de consumo relativo (RCR) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* que foram alimentadas com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

## 6.2. Taxa metabólica relativa (RMR)

Essa variável mede a quantidade de alimento utilizado com o metabolismo por grama de biomassa do inseto por dia, expressa em g/g.dia. A média geral de RMR para os híbridos foi de 0,687 g/g.dia, com diferença significativa segundo o teste F, a 5% de probabilidade (Quadro 25).

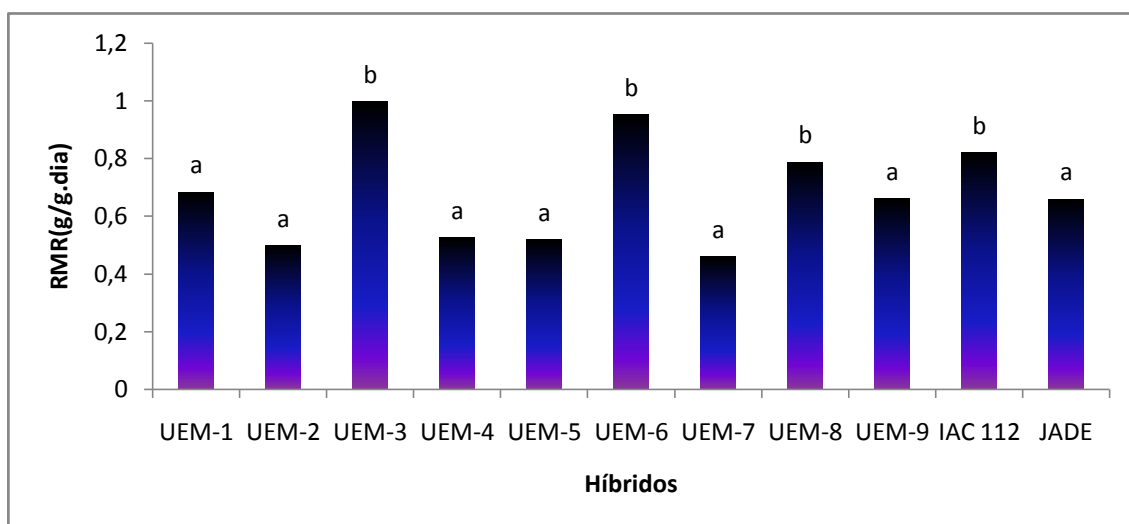
**Quadro 25.** Análise de variância para taxa de metabólica relativa (g/g.dia) de lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	3,368287	0,336829	4,328	0,0001*
Erro	99	7,705467	0,077833		
Total	109	11,073754			
CV(%)	40,59				
Média geral	0,68				

\* p<0,05

A menor RMR foi observada em lagartas que se alimentaram de folhas do híbrido UEM-7, com 0,460 g/g.dia, enquanto a maior RMR foi observada

para lagartas alimentadas com o híbrido UEM-3, com taxa de 0,998 g/g.dia. O híbrido UEM-3 foi o alimento menos convertido em biomassa, sendo em grande parte gasto no metabolismo do inseto, provavelmente, devido à presença de componentes químicos que afetaram o seu metabolismo, exigindo um maior consumo de energia para sua degradação. Esse híbrido também foi o menos consumido (3,413 g), indicando um desfavorecimento desse material ao desenvolvimento de *S. frugiperda* (Figura 18).



**Figura 18.** Taxa metabólica relativa (RMR) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

### 6.3. Taxa de crescimento relativo (RGR)

A taxa de crescimento relativo relaciona o ganho de biomassa pelo inseto e seu peso, sendo expresso em g/g.dia. A média geral da RGR observada no presente ensaio foi 0,170 g/g.dia, com diferença significativa segundo o teste F, com  $p < 0,05$  (Quadro 26).

**Quadro 26.** Análise de variância para taxa de crescimento relativo (g/g.dia) de lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009

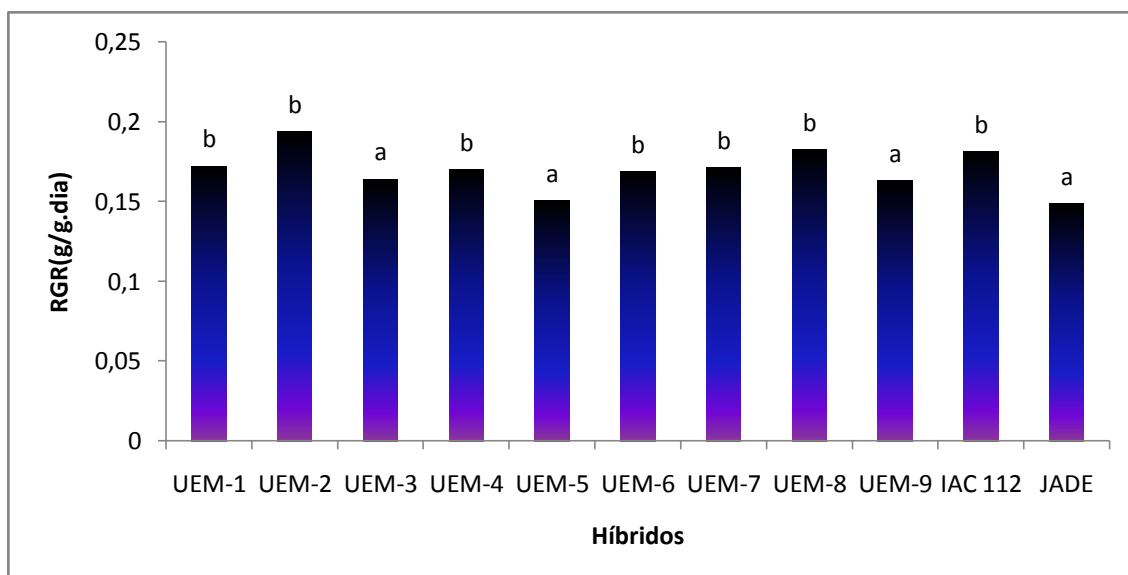
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	0,017604	0,001760	3,488	0,0006*
Erro	99	0,049968	0,000505		
Total	109	0,067572			
CV(%)	13,23				
Média geral	0,17				

\*  $p < 0,05$

Verificou-se que os híbridos JADE, UEM-5, UEM-9 e UEM-3 formaram um grupo de tratamentos com as menores RGRs, enquanto os híbridos UEM-6, UEM-4, UEM-7, UEM-1, IAC 112, UEM-8 e UEM-2 formaram o grupo com as maiores médias. Esses dois grupos diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

O híbrido JADE apresentou a menor média da RGR dentre os tratamentos testados e também um dos menores RCRs e RMRs, que significa que os insetos que dele se alimentaram converteram mais eficientemente o alimento em biomassa, atingindo um das maiores massas larvais (Figura 19).

A RMR de lagartas alimentadas com folhas do híbrido IAC-112 foi uma das mais altas (Figura 18). Essas lagartas também apresentaram um dos maiores valores de RGR e também de RCR. Esse fato pode indicar que há algum componente químico presente nesse híbrido, que faz com que haja uma elevação do custo metabólico, muito embora isso não tenha retardado o desenvolvimento larval dos insetos.



**Figura 19.** Taxa de crescimento relativo (RGR) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

#### 6.4. Eficiência de conversão de alimento ingerido (ECI)

Esse índice representa a porcentagem do alimento ingerido pelo inseto que foi transformado em biomassa.

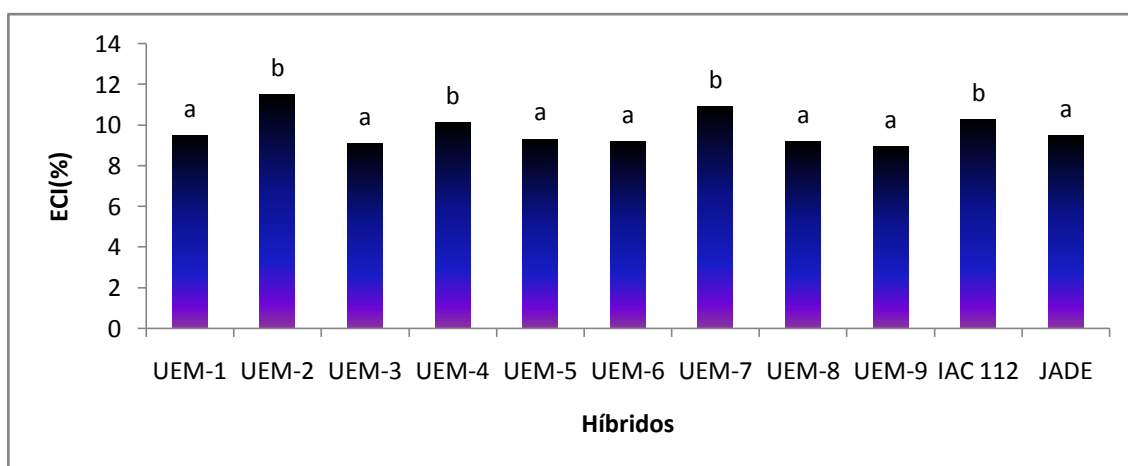
A média geral da ECI observado no presente ensaio foi 9,776 %, com diferença significativa entre os tratamentos segundo o teste F, a 5% de probabilidade (Quadro 27).

Santos (2002), ao analisar genótipos de milho comum e milho doce quanto à resistência à lagarta do cartucho nas mesmas condições do presente experimento, relatou valores de ECI de 6,95%, 10,64% e 15,18%, para BR Pampa, Elisa e BR 400, respectivamente. Enquanto Crócomo e Parra (1985) encontraram valores médios para milho acima de 19%.

**Quadro 27.** Análise de variância para eficiência de conversão de alimento digerido (%) pelas lagartas *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	68,482575	6,848257	2,201	0,0236*
Erro	99	308,082912	3,111949		
Total	109	376,565487			
CV(%)	18,04				
Média geral	9,77				

\*p<0,05



**Figura 20.** Eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

Os híbridos UEM-1, UEM-3, UEM-5, UEM-6, UEM-8, UEM-9 e JADE formaram um grupo com as menores ECIs, enquanto que os híbridos UEM-2, UEM-4, UEM-7 e IAC 112 formaram outro grupo com as maiores médias. Esses dois grupos diferiram entre si pelo teste de Scott-knott ( $p < 0,05$ ). O híbrido UEM-9 apresentou a menor média de ECI, 8,954% , enquanto o híbrido UEM-2 obteve a maior média com 11,493 % (Figura 20).



## 6.5. Digestibilidade aparente ou aproximada (DA)

Esse fator representa a porcentagem de alimento ingerido que foi efetivamente assimilado pelo inseto. Os valores de DA estão descritos na Figura 21 e no Quadro 32. Pelo teste F ( $p < 0,05$ ), houve diferenças significativas entre os genótipos e a média geral foi 47,561 %. A menor média foi obtida com o híbrido UEM-4 (39,523 %) e a maior com o híbrido UEM-3 (63,388%). Sarro (2006) relatou uma DA de 40% para lagartas alimentadas com milho AL25. Enquanto Santos (2002) encontrou um valor de DA de 34,52% para o genótipo Elisa.

Os híbridos UEM-3, UEM-6 e IAC 112 não diferiram entre si, mas diferiram dos outros tratamentos. Segundo o teste de Scott-knott, a 5% de significância (Quadro 28), houve diferença significativa entre as DAs dos híbridos em questão.

Para as lagartas criadas com folhas dos híbridos UEM-3 e IAC 112, foram observadas as menores massas ingeridas (g), confirmando os altos níveis de alimento assimilado para esses híbridos. Entretanto, mesmo que as lagartas alimentadas com estes materiais tenham ingerido menor quantidade de alimento, conseguiu-se assimilar mais de 55% do alimento ingerido, o que segundo Sarro (2002), é uma boa DA tratando-se de milho.

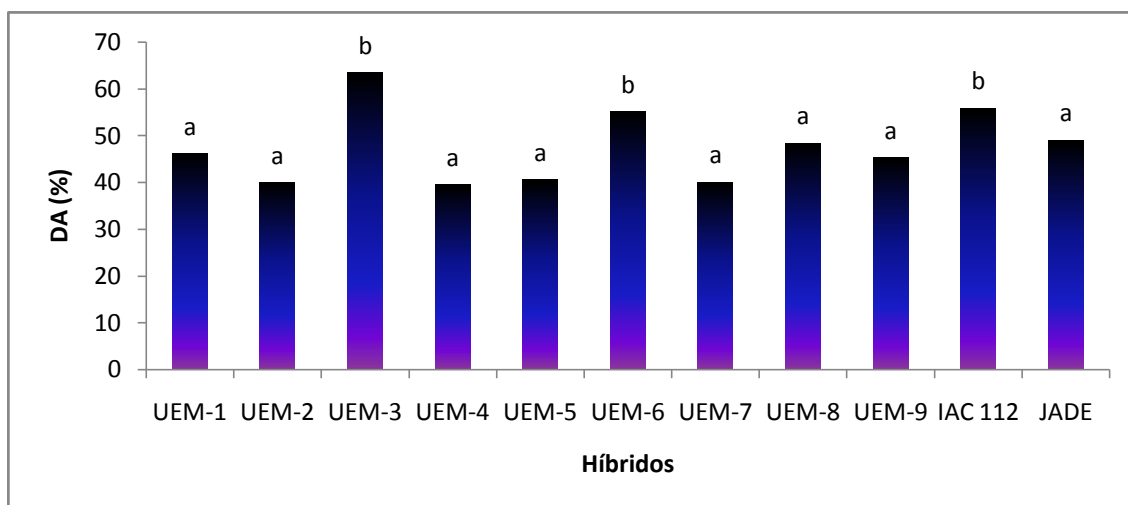
**Quadro 28.** Análise de variância para digestibilidade aparente (%) de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	6144,984876	614,498488	5,720	0,0000*
Erro	99	10636,193838	107,436301		
Total	109	16781,178713			
CV(%)	21,79				
Média geral	47,56				

\* $p < 0,05$

O valor de DA para híbrido UEM-8 foi significativamente menor que o híbrido UEM-6, ainda que as lagartas tenham ingerido quantidade de alimento (massa ingerida) igual. Segundo Sarro (2006), isso pode ocorrer pelo fato do

alimento conter algum fator negativo em maior concentração, capaz de prejudicar a assimilação do alimento ingerido. Esse fator negativo pode incluir desde teor de fibras até a presença de substâncias tóxicas.



**Figura 21.** Digestibilidade aparente (DA) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de híbridos de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

## 6.6. Eficiência de conversão do alimento digerido (ECD)

A eficiência de conversão do alimento digerido (ECD) representa a porcentagem do alimento ingerido que foi convertido em biomassa do inseto, sendo que  $100 - ECD$  representam o custo metabólico, ou seja, indica a porcentagem de alimento que foi metabolizado em energia para manutenção da vida (Sarro, 2006). A média geral da ECD no presente ensaio foi 22,787%, com diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F, a 5% de probabilidade (Quadro 29).

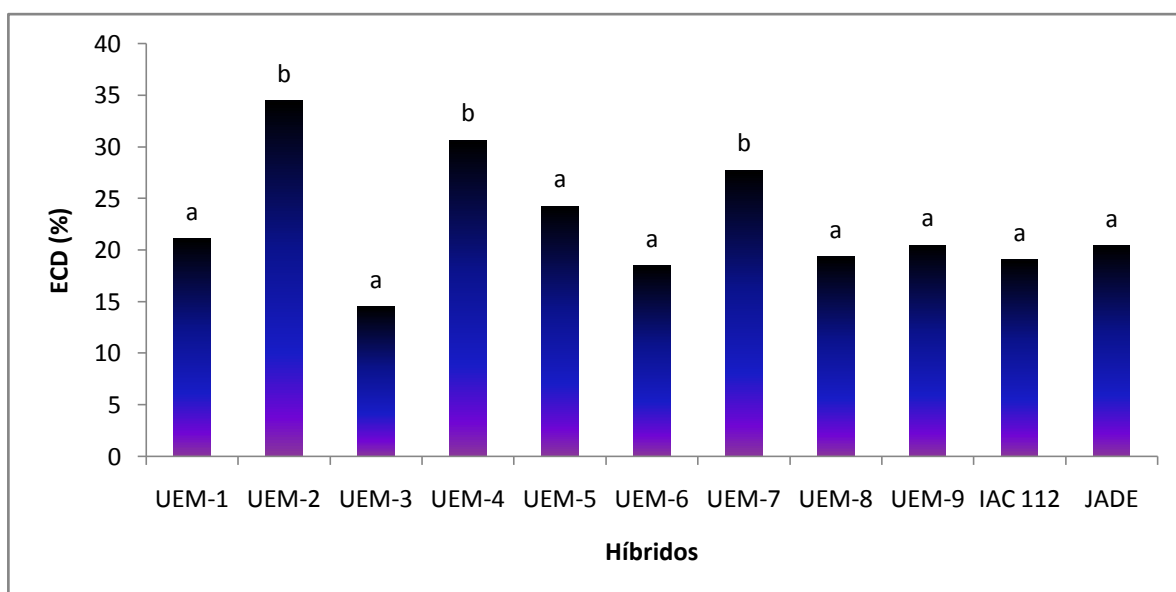
**Quadro 29.** Análise de variância para eficiência de conversão de alimento digerido (%) de lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas com os híbridos de milho-pipoca: UEM-1, UEM-2, UEM-3, UEM-4, UEM-5, UEM-6, UEM-7, UEM-8, UEM-9, IAC 112 e JADE. Maringá-PR, 2009.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Híbridos	10	3525,012558	352,501256	3,262	0,0011*
Erro	99	10698,163614	108,062259		
Total	109	14223,176172			
CV(%)	45,62				
Média geral	22,78				

\*p<0,05

Os híbridos UEM-3, UEM-6 e IAC 112 foram os três materiais que obtiveram as menores médias para ECD, com 14,541%, 18,481% e 19,044%, respectivamente. Para esses híbridos, foram constatadas as maiores taxas de digestibilidade (DA). O maior valor de ECD foi obtido em lagartas alimentadas com folhas do híbrido UEM-2, com 34,517% (Figura 22).

As lagartas que se alimentaram de folhas dos híbridos UEM-2, UEM-4 e UEM-7 formaram um grupo que se diferenciou dos demais por possuírem as maiores médias de ECD, menores taxas de DA e os maiores pesos larvais médios. Apesar de terem assimilado uma porcentagem menor de alimento, utilizaram mais de 27 % deste alimento para produção de biomassa.



**Figura 22.** Eficiência de conversão do alimento digerido (ECD) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho-pipoca. Maringá-PR, 2009.

## 7. CONCLUSÕES

Os híbridos UEM-3, UEM-5, UEM-7 e IAC 112 são menos favoráveis ao desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda*, enquanto os híbridos UEM-2, UEM-4 e JADE são mais favoráveis.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, D.E. Breeding special industrial and nutritional types. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (Ed.). **Corn and corn improvement**. 3.ed. Madison: American Society of Agronomy. Cap. 14, p. 869-80. 1988.

ALEXANDER, D. E. & CREECH, R. G. Breeding special industrial and nutritional types. In: SPRAGUE, G. F.; FUCCILLO, D. A. (Ed.). **Corn and corn improvement**. Madison: American Society of Agronomy. p. 363- 386. (Agronomy, 18). 1977.

ALVAREZ, M. P. & MIRANDA FILHO, J. B. Diallel crossing among maize populations for resistance to fall armyworm. **Scientia agrícola** (Piracicaba, Braz.) [online], vol.59, n.4 pp. 731-741. 2002.

AMARAL JUNIOR, A.T. **Análise dialélica de betacaroteno, vitamina C, sólidos solúveis e produção e variabilidade em cultivares de tomateiro (Lycopersicon esculentum MILL) via marcadores RAPD**. em Genética e Melhoramento. 198 f. (Tese doutorado) – UFV, Viçosa. 1996.

ANDRADE, R. A.; CRUZ, C. D.; SCAPIM, C. A.; SILVÉRIO, L.; PINTO, R. J. B.; TONET, A. Análise dialélica 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.

BAVARESCO, A. et al. Biologia comparada de *Spodoptera cosmioides* (Walk)(Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamona, sija e feijão. **Ciência Rural**, v.33, n. 6. Nov-dez, 2003.

BERNAYS, E.A.; CHAPMAN, R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall, 305p. 1994.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e conceitos 2° ed.** UFLA. 213 - 219. 2006.

CARBONARI, J.J. et al. Reação de cultivares de milho ao ataque da lagarta-do-cartucho no agroecossistema de várzea. In: Reunião técnica anual do milho, 43.;Reunião técnica anual do sorgo, 26. Veranópolis, RS: FEPAGRO. **Anais...**p.129-133. 1998.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; TAKAHASHI, H. W.; ENDO, R. M.; PETEK, M. R.; SEIFERT, A. L. Correlações entre caracteres quantitativos em milho-pipoca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 551-554. 2002.

CARPENTIERI-PIPOLO, V.; RINALDI, D. A.; LIMA, V. E. N. Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, Jan. 2005 .

CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo.** Piracicaba-SP. 170 p. Tese (doutorado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1970.

CHANG, Y. M.; LUTHE, D. S.; DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Influence of whorl region from resistant and susceptible corn genotypes on fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) growth and development. **Journal of economic Entomology**, v. 93, n. 2, p. 477-483. 2000.

COMOSTOCK, R. E & ROBINSON, H. F. The componentes of genetic variance in populations of biparental progênies and their use in estimating the average degree of dominace. **Biometrics**, North Carolina, v.4, p. 254-266. 1948.

CORRÊA, P. C.; MACHADO, P. F.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho-pipoca. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.1, p. 134-142. 2001.

COSTA, M. A. G.; GRÜTZMACHER, A. D.; ZOTTI, M. J.; HÄRTER, W. R.; NEVES, M. B. Consumo foliar e preferência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidóptera: Noctuidae) por cultivares de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 415-421, out-dez, 2006.

CROCOMO, W. B. ; PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de milho, trigo e sorgo por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)(Lepidóptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Piracicaba-SP. v.29, n. 2, p 225-260. 1985.

CRUZ, C. D. **Programa genes: versão Windows**; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV. 648p. 2001.

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. & F. T. TURPIN. Yield impact of larval infestation of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to midwhorl opowth stage of corn). **Journal of Economy Entomology**. 76: 1052 – 1054. 1983.

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

CRUZ, I.; OLIVEIRA, L. J.; OLIVEIRA, A. C. & C. A. VASCONCELOS. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) em milho. **Anais da Sociedade Brasileira de Entomologia**. Brasil- 25:293-297. 1996.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C.; VIANA, P.A.; PAULA, L.A. Suscetibilidade de diferentes populações de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas químicos. In: **Anais do XXVI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Belo Horizonte, p.234. 2006.

DALBELLO, O.; PREVIERO, C. A.; ALVES, D. G.; BIAGI, J. D. Capacidade de expansão do milho-pipoca (*Zea mays* L.) em função de parâmetros de secagem, umidade e armazenamento do produto. In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, n.24., Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p.415. 1995.

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 of insect resistant maize: Recent advances and utilization, 1994. Mexico. **Proceedings....** Mexico: CIMMYT. p 101- 108. Edited by J. A. Mihm. 1997.

DAVIS, F. M. & WILLIAMS, W. P. Methods used to screen maize for resistance and to determine mechanisms of resistance to the Southwestern cornborer and fall armyworm. In: **International Symposium on Methodologies for Development Host Plant Resistance to Maize Insects**. Toward insect resistance maize for the third world. CIMMYT, México, 101-104. 1989.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. **Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station**. 9p. (Technical Bulletin, 186). 1992.



DEQUECH, S. T. B.; FIUZA, L. M.; SILVA, R. F. P.; ZUMBA, R. C. Histopatologia de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lep., Noctuidae) infectadas por *Bacillus thuringiensis aizawai* e com ovos de *Campoletis flavicincta* (Hym., Ichneumonidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n.1,p 273-276. 2007.

FARIAS, P. R. S., BARBOSA, J.C.; BUSOLI, A.C. Amostragem seqüencial (presença-ausência) para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotrop. Entomol.** 30: 691-695. 2001.

FENTON, F.A. **Field crop insects**. New York: MacMillan, 1952. 405p.

FERNANDES, O. D., PARRA, J.R.P.; FERREIRA NETO, A.; PÍCOLI, R.; BORGATTO, A. F.; DEMÉTRIO, G. B. Efeito do milho geneticamente modificado (MON810) sobre a lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepdoptera: Noctuidae) **Rev. Bras. Milho Sorgo**,vol 2,p 25-35. 2003.

FERRAZ, J. M. G.; FERNANDES, O. C.; CARNELOSSI, M. M. Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda* (Smith e Abbot, 1797) criadas em dieta artificial. In :**Anais do XIII Congresso brasileiro de zoologia**. Cuiabá-MT. 1986.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In...45<sup>a</sup> Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos-SP. p.255-258. 2000.

FERREIRA, O. G. L.; ROSSI, F. D.; ANDRIGHETTO, C. **DDA: Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo – versão 1.2**. Santo Augusto: RS, 2008.

FREITAS JUNIOR, S. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; CRUZ, C. D.; SCAPIM, C. A. Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de

dialelo circulante. Brasília, DF, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.11, p.1599-1607. 2006.

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

GALVÃO, J.C.C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G.V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.47, p.201-218, 2000.

GAMA, E. E. G.; MAGNAVACA, R.; SILVA, J. B.; SANS, L. M. A.; VIANA, P.A; PARENTONI, S.N.; PACHECO, C.A.P.; CORREA, L.A.; FERNANDES, F.T. Milho-pipoca. **Informe Agropecuário**, v.14, p.12-16, 1990.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and the related populations. **Biometrics**, v.22, p.439-452. 1966.

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

GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v.11, p.419–430. 1988.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Austr. J. Biol. Scie.**, East Melborn, v.9, p.463-493. 1956.

HAMM, J. J.; WISEMAN, B. R. Plant resistance and nuclear polyhedrosis vírus for supression of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Flórida entomologist**, v. 69, n.3, p 541-549. 1986

HARLAN, J. R. Crops & Man. Madison: ASA / CSSSA. 295 p. 1975.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press. 468 p. 1981.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding. 2.ed.** Ames: Iowa State University Press. 468p. 1995.

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

KOGAN, M.; PARRA, J. R. P. Techniques and applications of measurements of consumption and utilization of food by phythophagous insects. In: BHASKARAN, G.; FRIEMAN, S.; RODRIGUEZ, J.G. ed. **Current topics in insect endocrinology and nutrition**. New York, Plenum Publishing corporation. p. 337-352. 1981.

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

LARA, F. M.; AYALA-OSUNA, J.; ABDELNUR JÚNIOR, O. Comportamento de genótipos de milho em relação ao ataque de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e *Heliothis zea* (Bod, 1850). **Científica**, v. 12, n. 1/ 2, p. 77-83. 1984.

LEIDERMAN, L. M.; SAUER, H.F.G. A lagarta dos milharais. **O Biológico. [S. I.]**Vol. 19, n 6. , p. 105-113. 1953.

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 Amaz.**, Manaus, v. 36, n. 2. 2006.

LOECK, A.E.; MARTINS, J.F.S.; BOTTON, M.; et al. Método de avaliação de inseticidas para o controle da lagarta-da-folha na cultura do arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., Pelotas, 1993. **Anais**. Pelotas: EMBRAPA, CPACT. p. 222-224. 1993.

LOURENÇÃO, A.L.F.; SANTOS, H.R. Danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera:Noctuidae) na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista de Agricultura**, v.80, n.3, p.340-355. 2005.

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

LUNGIBILL JÚNIOR, P. Developing resistant plants-the ideal method of controlling insects. **Prod. Res. Rpt. 111**. USDA-ARS. 1969.

MACHADO, L. L.; GIANNOTTI, E. ; OLIVEIRA, R. M. Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em couve (*Brassica oleracea* L. var. acephala). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 121-130. 1985.

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

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

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

MIRANDA FILHO, J.B.; GERALDI, I.O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v.7, p.677–688. 1984.

NG, S.S. *et al.* Oviposition response of southwestern corn borer (Lepidoptera:Pyralidae) and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to select maize hybrids. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, v. 83, p. 1575-1577. 1990.

NISHIKAWA, M. A. N. **Análise genética de populações de milho(*Zea mays* L. ) visando resistência à lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797)**. Tese doutorado- Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP. Universidade de São Paulo. 98p .1999.

OTA, E. do C.. **Desempenho de cultivares de milho quanto ao dano de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), em condições de campo**. Campinas-SP. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Instituto Agronômico. 44p. 2009.

PACHECO, C. A. P., CASTOLDI, F. L., ALVARENGA, E. M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.267-270. 1996.

PAINTER, R.H. **Insects resistance in crop plants**. New York: Mcmillan, 1951. 520p.

PANDA, N.; KHUSH, G.S. **Host plant resistance to insects**. Oxford: Oxford University Press. 448p. 1995.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**, São Paulo, Editora Manole, 359p. 1991.

PARRA, J. R. A. **Técnicas de criação para programas de controle biológico**. Piracicaba: FEALQ, 192p. 1992.

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.

PATEL, P.N. Estudos de fatores bióticos de controle natural em populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Tese de mestrado-Unicamp, Campinas-SP. 1981.

PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1, p.3-10. 2001.

PINHEIRO, J. C. A.; PÁDUA, L. E. M.; PORTELA, G. L. F. P.; BRANCO, R. T. P. C.; REIS, A. S.; SILVA, P. R. R. Biologia comparada de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) visando ao seu zoneamento ecológico no estado do Piauí. **Revista Caatinga**. Mossoró, RN- Brasil, v.21, n.2, p.197-203. maio/junho de 2008.

PINTO, R. J. B. **Introdução ao melhoramento Genético de plantas**. Maringá: EDUEM, 275 p. 1995.

RANGEL, R. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SCAPIM, C. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; PEREIRA, M. G. Genetics and parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.7, n.4, p. 1020-1030. 2008.

REIS, A. J. S.; MIRANDA FILHO, J. B. Autocorrelação espacial na avaliação de compostos de milho para resistência à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, n 33 (2): p. 65-72, 65. 2003.

REESE, J. C. The effects of plant biochemical on insect growth and nutritional physiology. In: P.A. Hedin ed. **Host Plant Resistance to Pests**, ACS Symposim series 62, American Chemical Society, Washington, D.C. 1977.

ROSSETTO, C.J.; NAKANO, O.; BANZATTO, N.V. Praga: fator limitante na produção de sorgo granífero. **O Agrônomo**, n.19: p. 1-2. 1967.

SANTOS, L. M. **Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA:NOCTUIDAE) em genótipos de milho doce e milho comum**. Dissertação mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, 80 p. 2002.

SANTOS, L. M.; REDAELLI, L. R.; DIEFENBACH, L. M. G.; EFROM, C.; STOFFEL, F.; Fertilidade e longevidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.345-350. 2004.

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. 2002.

SARRO, F. B. **Biologia comparada de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) em milho e em cultivares de algodoeiro**. Tese de doutorado. UNESP: Botucatu-SP. 98p. 2006.

SAWAZAKI, E.. A cultura do milho-pipoca no Brasil. **O agrônomo- Informações técnicas**. n. 53, vol. 2. 2001 a

SAWAZAKI, E. Tecnologia para produção de milho-pipoca. **Boletim técnico-Fertilizantes Serrana** - CEGRAN-IAC. Setembro / 2001 b.

SAWAZAKI, E.; CASTRO, J.L. de; GALLO, P.B.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; SILVA, R.M. da; LUDERS, R.B. Potencial de híbridos temperados de milho-pipoca em cruzamentos com o testador semitropical IAC 12. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.61-70. 2003.

SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; TONET, A.; BRACCINI, A.L.; PINTO, R.J.B. Análise dialélica e heterose de populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n.3, p. 219-230. 2002.

SCOTT, G.E.; DAVIS, F.M. Registration of Mp496 inbred of maize. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 2, p. 353.1981.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512. 1974.

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.

SEIFERT, A. L.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V. ; FERREIRA, J. M. & GERAGE, A. C. Análise combinatória de populações de milho-pipoca. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.5, p.771-778. 2006.

SENA JÚNIOR, D.G.; PINTO, F.A.C.; QUEIROZ, D.M.; VIANA, P.A. Fall armyworm damaged maize plant identification using digital images. **Biosystems Engineering**, v.85, p.449-454. 2003.

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) em genótipos de milho.** Dissertação mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba-São Paulo. 93p. 2002.

SILOTO, R.C.; VENDRAMIM, J.D; BUFALO, N.E. Desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho em condições de laboratório. **In: XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo.** 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.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Depto. de Defesa e Inspeção Agropecuária, pt. 2, t.1, 621p. 1968

SILVA, V. Q. R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; SCAPIM, C. A.; VITTORAZZI, C.; SILVA ,T. R. C.; CARVALHO, G. F. Capacidade combinatória entre linhagens de milho-pipoca. **Anais do 5º Congresso Brasileiro de melhoramento plantas.** 2009.

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

SILVEIRA, LUÍS CLÁUDIO PATERNO; VENDRAMIM, JOSÉ DJAIR & ROSSETTO, CARLOS JORGE. Não-preferência para alimentação da lagarta do cartucho em milho. **Bragantia.** v.57, n.1. 1998.

SIMON, G. A.; SCAPIM,C. A.; PACHECO, C. A. P.; PINTO,R. J. B.; BRACCINI, A. L.; TONET A; Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Bragantia,** Campinas, v.63, n.1, p.55-62. 2004.

SMITH, M.E.; MIHM, J.A.; JEWELL, D.C. Breeding for multiple resistance to temperate, sub tropical, and tropical maize, insect pests at CIMMYT. In: International symposium on methodologies for developing host plant resistance to maize insects. **Mexico. Proceedings.** Mexico, CIMMYT, 1989. p. 222-234. 1989.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General and specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v. 34, p. 923-932. 1942.

TOZETTI, A. D.; AYALA-OSUNA, J.; BANZATTO, D. A. Avaliação genotípica de progênies de meio-irmãos do composto dentado (*Zea mays* L.) para condições de safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, V. 30, n. 12, p. 1411-1416. 1995.

VENDRAMIM, J.D. & FANCELLI, M. Efeito de genótipos de milho na biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** .n. 17: 141-50. 1988.

VENDRAMIM, J. D.; NISHIKAWA, M. A. N. Melhoramento para resistência a insetos. In: NASS, L.L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I.S.; VALADARIS-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas.** Rondonópolis: Fundação MT. C. 24, p737-781. 2001.

VENDRUSCOLO, E.C.G.; SCAPIM, C.A.; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, V.R. de O.; BRACCINI, A. de L. e; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.123-130. 2001.

VELOSO, V. da R. S.; PARRA, J. R. P.; NAKANO, O. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* em (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro e milho. **Anais da Escola de Agronomia e**

**Veterinária da Universidade Federal de Goiás**, v. 12/13, n. 1, p. 127-140. 1982.

VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Estudos dos mecanismos de resistência em populações de milho selecionadas como fontes de resistência à *Spodoptera frugiperda*. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - 1988-91**, Sete Lagoas, v.5, p.94-95. 1992.

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, 59(1), p. 27-33. 2000.

VIANA, P.A.; GUIMARÃES, P.E.O.;PACHECO, C.A.P.; Avaliação da antibiose em dialelos de milho selecionados para resistência à lagarta do cartucho, *S. frugiperda*. In: 24 Congresso Nacional de milho e sorgo. Florianópolis-SC. **Resumos**. Sete Lagoas:ABMS; Embrapa Milho e sorgo; EPAGRI. 121p. 2002.

VIDELA, G.W. *et al.* Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval growth and survivorship on susceptible and resistant corn at different vegetative growth stages. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, v. 85, n. 6, p. 2481-2491. 1992.

VIEIRA, R. A.; RODOVALHO, M. A.; SCAPIM, C. A.; TESSMANN, D. J.; AMARAL JÚNIOR, A. T.;BIGNOTTO, L. S. Desempenho agrônômico de novos híbridos de milho-pipoca no Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá-PR, v. 31, n. 1, p. 29-36. 2009.

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.; VILLELA, 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**, v.1, n.3, p.1-11. 2002.

WAQUIL, J.M.; VILELLA, F.M.F. Gene bom. **Rev. Cultivar** 49: 22-26. 2003.

WIDSTROM, N. W.; WILLIAMS, W. P.; WISEMAN, B. R.; DAVIS, F.M. Recurrent selection for resistance to leaf feeding by fall armyworm on maize. **Crop Science**, v. 32, n. 5; p 1171-1174. 1992.

WILLIAMS, W. P. ; DAVIS, F. M.; SCOOT, G. E. Resistance of corn to leaf-feeding damage by the fall armyworm. **Crop Science**, v.18, n. 5, p.861-863. 1978.

WILLIAMS, W. P.; SAGERS, J. B.; HANTEN, J. A.; DAVIS, F. M.; BUCKLEY, P. M. Transgenic corn evaluated for resistance to fall armyworm and southwestern corn borer. **Crop Science**, Madison, v.37, p.957-962. 1997.

WILLIAMS, W. P. & F. M. Davis. Response of corn to artificial infestation with fall armyworm and southwestern corn borer larvae. **Southwest. Entomol.** 15:163-166. 1990.

WISEMAN, B.R. *et al.* Detecting corn seedling differences in the greenhouse by visual classification of damage by the fall armyworm. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, v. 59, n. 5, p. 1211-1214. 1966.

WISEMAN, B. R.; DAVIS, F. M. Plant resistance to the fall armyworm. **The Florida Entomologist**, V. 62, n. 2, p 123-130. 1979

WISEMAN, B.R.; WIDSTROM, N.W.; McMILLIAN, W.W. Effects of 'Antigua 2D-118' resistant corn on fall armyworm feeding and survival. **Florida entomologist**, v.64,n.4, p.515-519. 1981.

WISEMAN, B. R.; DAVIS, F. M. Plant resistance to insects attacking corn and grain sorghum. **Florida entomologist**, v. 73, n. 3, p 446-458. 1990.

WISEMAN, B. R. Plant resistance to insects integrated pest management. **Plant disease**.vol. 78, n 9, p. 927-932. Tifton. 1994.

WISEMAN, B.R.; DAVIS, F.M.; WILLIAMS, W.P.; WINDSTROM, N.W. Resistance of a maize population, FAWCC(C5), to fall armyworm larvae(Lepidoptera: Noctuidae). **Flórida entomologist**. V.79, n.3, p. 329-336. 1996.

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho-pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. V. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, p. 413-421. 1987.