**ANÁLISE GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE MILHO (*Zea mays* L.)
VISANDO RESISTÊNCIA A LAGARTA DO CARTUCHO
(*Spodoptera frugiperda* Smith, 1797)**

MARCELO AKIRA NAIME NISHIKAWA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
“Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área
de Concentração: Genética e Melhoramento de
Plantas

PIRACICABA

Estado de São Paulo – Brasil

Maio – 1999

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Nishikawa, Marcelo Akira Naime

Análise genética de populações de milho (*Zea mays* L.) visando resistência a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith, 1797) / Marcelo Akira Naime Nishikawa. - - Piracicaba, 1999.
98 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
Bibliografia.

1. Cruzamento dialélico 2. Genética de população 3. Lagarta do cartucho-do-milho 4. Melhoramento genético vegetal 5. Resistência genética I. Título

CDD 633.15

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - O Autor"

SUMÁRIO

	pg
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO	v
SUMMARY	vii
1 – INTRODUÇÃO	01
2 – REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 - Importância econômica	03
2.2 – Resistência de plantas a insetos	05
2.3 – Bases genéticas da resistência do milho a lagarta do cartucho	07
2.4 – Instalação de experimentos para a avaliação de resistência a lagarta do cartucho	09
2.5 – Métodos de melhoramento genético do milho visando resistência a lagarta do cartucho	15
2.6 – Germoplasma de milho	17
3 – MATERIAIS E MÉTODO	19
3.1 – Populações	19
3.2 – Avaliação das progênies S1 e de irmãos germanos	20
3.2.1 - Método de infestação artificial e avaliação de danos	23
3.2.2 – Análises de variância e estimação de parâmetros genético-estatísticos	24
3.2.3 - Progresso esperado com a seleção	26
3.2.4 – Depressão por endogamia	27
3.3 Avaliação dos testcrosses recíprocos	27
3.3.1 – Análises de variância e estimativas de parâmetros genéticos	28
3.3.2 – Estimativas da capacidade geral de combinação	29
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 – Progênies S1 e Irmãos germanos	32

4.1.1 – Valores médios e distribuição observada	32
4.1.2 – Depressão por endogamia	35
4.1.3 – Análises de variância agrupadas por população	36
4.1.4 – Análise de variância conjunta para locais	38
4.1.5 – Parâmetros genético-estatísticos	38
4.1.6 – Progressos esperados com a seleção	44
4.2 – Topcrosses	45
4.2.1 – Valores médios e amplitudes dos valores observados	45
4.2.2 – Análises de variância	48
4.2.3 – Capacidade geral de combinação	51
4.2.3.1 – Testadores	51
4.2.3.2 – Linhagens	53
4.2.4 – Parâmetros genético-estatísticos	54
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
6 – CONCLUSÕES	58
7 – LITERATURA CITADA	60
ANEXOS	70

LISTA DE TABELAS

		pg
1	Número de experimentos, número de linhagens, por experimento com a referida população de origem, instalados em Rio Verde – GO. 1996/97	22
2	Número de experimentos, número de linhagens, por experimento com a referida população de origem, instalados em Rio Verde – GO. 1996/97	23
3	Esquema de ANOVA para delineamentos em blocos casualizados para os experimentos com progênes	26
4	Esquema de ANOVA para delineamentos em blocos casualizados para os experimentos com topcrosses	30
5	Esquema das médias dos cruzamentos topcrosses para o caráter X entre 50 linhagens S2 e 2 populações testadoras	32
6	Análise complementar de variância das médias dos topcrosses agrupados por linhagens parentais	33
7	Valores médios obtidos nas linhagens S1 e progênes de irmãos germanos e testemunhas das populações CMS 14C, CMS 23 e São José, para as características avaliadas nos experimentos conduzidos em Rio Verde-GO.	74
8	Valores médios obtidos nas linhagens S1 e testemunhas das populações CMS 14C, CMS 23 e São José, para as características avaliadas nos experimentos conduzidos em Piracicaba.	74
9	Amplitude, desvio padrão da média e coeficiente de variação experimental obtidos nas linhagens S1 e progênes de irmãos germanos das populações , CMS 14C, CMS 23 e São José para todos os caracteres avaliados em Rio Verde –GO.	75
10	Amplitude, desvio padrão da média e coeficiente de variação experimental obtidos nas linhagens S1 das populações , CMS 14C, CMS 23 e São José para todos os caracteres avaliados em Piracicaba.	76
11	Estimativas de depressão por endogamia (DE%) para progênes S1 das populações CMS 14C, CMS 23 e São José, para os caracteres avaliados em Rio Verde-GO.	77
12	Estimativas de depressão por endogamia (DE%) para progênes S1 das populações CMS 14C, CMS 23 e São José, para os caracteres avaliados em Piracicaba.	77
13	Quadrados médios e coeficientes de variação experimental obtidos na análises agrupadas por população para os caracteres avaliados em Rio Verde – GO.	78
14	Quadrados médios e coeficientes de variação experimental obtidos na análises agrupadas por população para os caracteres avaliados em Piracicaba	79
15	Quadrados médios obtidos através da análise conjunta de experimentos para linhagens S1	80

- para o caráter peso de espigas corrigido, agrupados por população, envolvendo as localidades de Piracicaba e Rio Verde.
- 16 Estimativas dos componentes de variância para os caracteres peso de espigas, altura da 80 planta e altura da espiga, avaliados em Rio Verde e Piracicaba.
- 17 Estimativas dos componentes de variância para os caracteres avaliados das linhagens S1 em 81 Piracicaba.
- 18 Estimativas de herdabilidade ao nível de médias, coeficiente de variação genético, e índice de 81 variação b, obtidos através das análises agrupadas por população, em experimentos conduzidos em Rio Verde e Piracicaba.
- 19 Estimativas de herdabilidade ao nível de médias, coeficiente de variação genético, e índice de 82 variação b, obtidos através das análises agrupadas por população, em experimentos conduzidos em Piracicaba.
- 20 Estimativas do progresso esperado com a seleção (GS%) em progênies S1 e progênies de 82 irmãos germanos, com intensidade de seleção de 20% para os caracteres avaliados em Rio Verde e Piracicaba.
- 21 Estimativas do progresso esperado com a seleção (GS%) em progênies S1 com intensidade 83 de seleção de 20% para os caracteres avaliados em Piracicaba.
- 22 Valores médios obtidos nos topcrosses, testemunha suscetível e população original das 83 populações CMS 14C, CMS 23 e São José, para os caracteres avaliados em Piracicaba.
- 23 Amplitudes, desvio padrão da média e coeficientes de variação experimental obtidos nos 84 topcrosses, para todas as características avaliadas em Piracicaba.
- 24 Quadrados médios e coeficientes de variação experimental obtidos nas análises individuais 85 dos topcrosses em Piracicaba.
- 25 Quadrados médios obtidos da análise de variância incluindo os testadores recíprocos dos 86 topcrosses para os caracteres avaliados em Piracicaba.
- 26 Quadrados médios obtidos da análise de variância incluindo os testadores recíprocos dos 87 topcrosses para os caracteres avaliados em Piracicaba.
- 27 Estimativas de variância genética aditiva dos cruzamentos per se e interpopulacional para os 88 caracteres avaliados dos topcrosses em Piracicaba.
- 28 Estimativas da capacidade geral de combinação para os testadores, obtidas nos experimentos 88 com topcrosses., em Piracicaba.
- 29 Estimativas da capacidade geral de combinação para as 10 melhores linhagens S2 da 89 população CMS 14C.
- 30 Estimativas da capacidade geral de combinação para as 10 melhores linhagens S2 da 89 população CMS 23.
- 31 Estimativas da capacidade geral de combinação para as 10 melhores linhagens S2 da 90 população São José.

ANÁLISE GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE MILHO VISANDO RESISTÊNCIA A LAGARTA DO CARTUCHO

Autor: MARCELO AKIRA NAIME NISHIKAWA

Orientador: Prof. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar progênies endogâmicas de populações resistentes para características agrônômicas e resistência a lagarta do cartucho, sob ataques simulados da praga, através de infestações artificiais (IA), avaliar os cruzamentos “topcrosses” entre as linhagens S_2 e a população original dos materiais utilizados, bem como estudar os padrões de herança e componentes genéticos relacionados a resistência a lagarta do cartucho nas populações de milho utilizadas. No primeiro conjunto de experimentos foram avaliadas 140 progênies S_1 e 100 progênies de irmãos germanos (IG) das populações CMS 14C e CMS 23, 110 progênies S_1 e 90 progênies IG da variedade BR 5026 em Rio Verde (RV). Nesta primeira fase foram avaliados peso de espigas, altura de planta e altura de espiga. A testemunha utilizada foi o híbrido triplo G85. Em uma segunda fase, as mesmas progênies foram avaliadas em Piracicaba (P), onde foram coletados os mesmos dados da primeira fase, e peso de grãos, comprimento médio da espiga, diâmetro médio da espiga, danos da lagarta do cartucho aos 7 dias e aos 14 dias (RL1 e RL2, respectivamente) após a IA. Os dados avaliados para RV e P foram confrontados. As médias foram mais elevadas em P, quando comparadas às obtidas em RV. A depressão por endogamia (DE) estimada para a produção de espigas (PEc) foi maior em P para CMS 23 (-33%) e BR 5026 (-41%) e em RV para CMS 14 C (-28%). Para RL1 e RL2 a DE foi maior em RL1 (22%) do que em RL2 (17,80%) para CMS 14C, como também para BR 5026 (RL1 = 10,95% e RL2 = 0,57%). As estimativas de variância genética aditiva para PEc foram superiores em P para CMS 23 e CMS 14C, e superior em RV para BR 5026. Em relação a RL1 e RL2, as estimativas foram superiores em RL1 para

CMS 14C e CMS 23, e praticamente iguais para BR 5026. Porém em ambas, esta população apresentou os valores mais baixos. As estimativas de herdabilidades para PEc foram mais elevadas em P, porém em RV, a estimativa mais elevada foi para CMS 14C (0,32) e em P, para BR 5026. Nos caracteres de resistência, as estimativas foram baixas sendo que, os maiores valores foram encontrados em CMS 14C e CMS 23 para RL1 e em RL2, a herdabilidade foi maior para BR 5026.

No segundo conjunto de experimentos, foram obtidos 50 *topcrosses* entre as populações em estudo e suas linhagens S_2 , sem realizar cruzamentos respectivos. Os *topcrosses* foram avaliados em P para PE, RL1, RL2, AP e AE, com testemunhas suscetível e resistentes. Estas últimas se constituíram das próprias populações parentais. As médias dos *topcrosses* foram superiores a das testemunhas. A testemunha suscetível apresentou valores muito altos para RL1 e RL2, contudo, as resistentes apresentaram médias de danos inferiores às dos *topcrosses*. As estimativas de variância aditiva interpopulacional apresentaram valores interessantes para PEc, RL1 e RL2 nos diferentes conjuntos, sugerindo que as populações poderiam fazer parte de esquemas de seleção recorrente. Os valores obtidos são suficientes para selecionar as melhores linhagens envolvidas.

GENETIC ANALYSIS OF MAIZE POPULATIONS WITH FALLARMYWORM RESISTANCE

Author: MARCELO AKIRA NAIME NISHIKAWA

Adviser: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

SUMMARY

The objectives of the present work were to evaluate inbred progenies of resistant populations for yield and fall armyworm resistance, under artificial infestation (AI), to evaluate topcrosses between S_2 progenies and populations, and estimate coefficient of heritability (h^2) and genetic components related to fallarmyworm resistance in the populations. In the first set of trials, 140 S_1 progenies and 100 full sib (FS) progenies of CMS 14C and CMS 23 populations, and 119 S_1 progenies and 90 FS progenies of BR 5026 variety were evaluated in Rio Verde-GO (RV). In this initial phase, the following traits were evaluated: ear weight (PEc), plant height (AP) and ear height (AE). The check was a commercial hybrid, G85. In Piracicaba-SP (P), the same progenies were evaluated including the same traits plus grain weight, ear length, ear diameter, fallarmyworm damage at 7 and 14 days after AI (RL1 and RL2, respectively). The average values were higher in P, in comparison with RV averages. The inbreeding depression for PEc were higher in P to CMS 23 (-33%) and BR 5026 (-41%) and in RV for CMS 14C (-28%). For RL1 and RL2 traits, inbred depression was higher in RL1 (22%) than RL2 (17,80%) for CMS 14C, as well for BR 5026 (RL1 = 10,95% and RL2 = 0,57%). The additive genetic variance for PEc were higher in P for CMS 23 and CMS 14C, and higher in RV for BR 5026. For RL1 and RL2 traits, the additive genetic variance were higher in RL1 for CMS 14C and CMS 23. The estimate of h^2 for PEc were higher in P for all populations, and the higher value was showed by BR 5026. In RV, the highest value for heritability was 0,32 for CMS 14C. For resistance traits, the values for heritability were very low, however, the highest values were obtained by CMS 14C and CMS 23 for RL1 and in RL2, BR 5026 inbreeds had the highest value.

On the second set of trials, 50 topcrosses were obtained between populations and their S_2 inbreds. The topcrosses were evaluated in P for PEc, RL1, RL2, AP and AE, with two checks, susceptible and resistant. The resistant checks were the parental populations. The topcrosses averages were higher than the both checks. The susceptible check showed the highest values for RL1 and RL2, however the resistant had values for damages, lower than topcrosses. The interpopulational additive variance had interesting values for Pec, RL1 and RL2 for all mate groups, suggesting that these populations could be used on recurrent selection schemes. Data from all experiments are sufficient to allow selection of the best inbreds.

1 - INTRODUÇÃO

Dentre os cereais cultivados no mundo, o milho se destaca desde épocas muito antigas, constituindo-se de base alimentar tanto para povos indígenas, como para grandes nações. Considerando a produção mundial de cereais, o milho ocupa o segundo lugar, logo após do trigo. Porém, na América Latina e África, o milho atinge o primeiro lugar. Este cereal também é considerado o mais distribuído no mundo, nas mais diferentes formas de cultivo e em diversos ambientes. No Brasil, a área cultivada com a cultura do milho chega aos 13 milhões de hectares, com uma produção de 34 milhões de toneladas anuais. As formas de cultivo variam muito dentro do território nacional, desde cultivado em pequenos esquemas agrícolas, sem nenhuma tecnologia, assim como em plantações altamente tecnificadas.

Segundo os dados da FAO, anualmente são perdidos cerca de 23% da produção de grãos pelo ataque de pragas. No final dos anos 80 e início dos anos 90, as novas regulamentações para o uso de defensivos e a retirada de alguns inseticidas prejudiciais ao meio ambiente do mercado, intensificaram os problemas com as pragas. Tais medidas favoreceram as populações de insetos, que aumentaram drasticamente seu número, transformando pragas secundárias, e até terciárias, em pragas chave, em um espaço de tempo relativamente curto. No Brasil, a principal praga da cultura do milho é a lagarta do cartucho. O controle dessa praga é feito, de maneira geral, através da aplicação de inseticidas químicos que, aumentam consideravelmente o custo de produção final. Deve ser considerado, também, que as populações da praga, com o tempo, desenvolvem resistência ao inseticida, necessitando doses cada vez maiores para um controle efetivo ou a substituição do princípio ativo. Tais medidas também encarecem o processo produtivo a longo prazo.

Mais recentemente, tem sido muito cogitado o uso de plantas transgênicas, principalmente com o gene Bt (*Bacillus thuringiensis*) que apresentam um controle

eficiente da praga, contudo ainda não há uma aceitação consensual na sociedade brasileira e seu custo de obtenção é relativamente elevado.

O uso da resistência genética de plantas a insetos pode auxiliar o controle dessa praga, tanto por diminuir a população de insetos, como por aumentar a eficiência da aplicação de inseticidas. Os materiais considerados resistentes interferem, de maneira geral, tanto na biologia como no comportamento dos insetos, fazendo com que a população remanescente produza indivíduos inferiores, mais sensíveis aos inseticidas, ou seja, com valores menores para dose letal (DL). Portanto, o uso de variedades resistentes poderia ser extremamente vantajoso por diminuir e, em alguns casos, até eliminar a exposição do agricultor e/ou do ambiente a produtos tóxicos, e não acarretar em gastos adicionais. Além disso, a longo prazo haverá uma redução na população do inseto no campo, visto que, a ação da resistência genética das variedades tem caráter permanente, ou seja, está sempre agindo no inseto, ao contrário dos defensivos químicos, que são aplicados na época recomendada, quando algumas gerações do inseto já se desenvolveram em condições favoráveis.

Devido ao surgimento ou aumento de intensidade de novos estresses na cultura do milho, os programas de melhoramento genético do Brasil têm intensificado seus esforços na exploração e adaptação de novos germoplasmas, incluindo materiais exóticos em ensaios de avaliação para diversos caracteres de produção, bem como para resistência a pragas e doenças. Porém, não há muita informação científica sobre o assunto, e o levantamento de dados básicos, e os métodos eficientes de avaliação da resistência necessitam ser avaliados e adaptados para inclusão do caráter resistência genética em avaliações rotineiras dentro dos programas de melhoramento. Considerando tais necessidades, os objetivos deste trabalho foram avaliar progênies endogâmicas de populações resistentes para características agronômicas e resistência a lagarta do cartucho, sob ataques simulados da praga, através de infestações artificiais, avaliar os cruzamentos “topcrosses” entre as linhagens S_2 e a população original dos materiais utilizados, bem como estudar os padrões de herança e componentes genéticos relacionados a resistência a lagarta do cartucho nas populações de milho utilizadas neste estudo.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Importância econômica

Assim como em muitas culturas, o milho é atacado por mais de uma centena de insetos (Gassen, 1996). Muitas espécies completam seu ciclo biológico na cultura sem causar grandes prejuízos, porém algumas causam danos de considerável importância econômica. Estima-se que no Brasil, os prejuízos causados por pragas atingem 23% da produção anual de milho em grãos (Cruz¹), ou seja, considerando uma produção anual na ordem de 30 milhões de toneladas por ano, essas perdas poder ser estimadas em aproximadamente 7 milhões de toneladas por ano.

No Brasil, a principal praga da cultura do milho é a lagarta do cartucho. Apesar de ser considerado um inseto polífago, tem preferência por gramíneas. O ataque desta praga ocorre na fase larval, consumindo principalmente as folhas, durante o desenvolvimento vegetativo do milho. Quando o ataque ocorre em plantas pequenas, as larvas podem causar a destruição dos tecidos meristemáticos, ocasionando uma reduzida população no campo, e modificações na arquitetura da planta. Além disso, na época do florescimento, as larvas podem atacar tanto o pendão, reduzindo a polinização, como a espiga, destruindo o estilo-estigma, impedindo a fecundação, ou os grãos leitosos, resultando em espigas mal granadas com fileiras descontínuas. Segundo os dados de Carvalho (1970), essa praga pode reduzir a produção de grãos em até 20%, sendo o período crítico de seu ataque, a época de florescimento. A lagarta do cartucho ataca preferencialmente o cartucho do milho, chegando a destruí-lo completamente, e neste caso, nota-se claramente, a grande quantidade de excreções semelhantes a serragem existentes na planta (Carvalho, 1987). As lagartas nos 1^{as} ínstarres, apenas raspam as folhas, porém, a medida que crescem, fazem furos que se unem em lesões.

Tais danos afetam indiretamente o rendimento de grãos, pois há redução da área fotossintética da planta. Vários autores apontaram esta característica para realçar a importância econômica desta praga na cultura do milho (Fonseca, 1934; Hambleton, 1935; Costa Lima, 1949; Leiderman & Sauer, 1953).

Wiseman et al. (1966) relataram que a lagarta do cartucho sempre foi considerada uma das pragas mais importantes das Américas. Na literatura entomológica mundial é comum encontrar referências sobre a lagarta do cartucho, em outros países como Venezuela (Horowitz, 1960), México (Velez & Sifuentes, 1967), Peru (Peña, 1978), Estados Unidos (Chiang, 1978) e Honduras (Meckenstock, 1991), sempre ressaltando sua herbivoria e os danos causados às culturas.

Dentre as diversas espécies de plantas atacadas pela lagarta do cartucho, as gramíneas são as mais atacadas. E dentre estas, o milho e o sorgo são preferidos (Peairs & Saunders, 1979). Sifuentes (1967) verificou que houve uma acentuada tendência para oviposição das mariposas e alimentação das lagartas pela cultura do milho, quando comparada com o sorgo.

Em relação à quantificação dos danos, Carvalho (1970) utilizando uma escala visual de notas, calculou o efeito de danos foliares de *Spodoptera frugiperda* na produtividade de diversos genótipos de milho, indicando que a praga reduz a produção de: 15%, quando o ataque ocorre na época do desbaste (20-30 dias); 30%, quando o ataque ocorre aos 49 dias após o plantio; 34% quando o ataque ocorre na época do florescimento. Pereira & Hellman (1993) estimaram os danos econômicos da lagarta do cartucho na cultura do milho. Nos Estados Unidos, os autores afirmam que para uma incidência de 3 a 6 lagartas por planta, o custo para controle seria na ordem de 37,05 a 74,10 US\$/há, respectivamente.

¹ Ivan Cruz. Palestra: I Encontro sobre Tecnologia e Produção do Milho, ESALQ, 1997.

2.2 – Resistência de plantas a insetos

Segundo Painter (1951) a resistência de plantas a insetos pode ser definida como a soma relativa das qualidades hereditárias apresentadas por uma variedade ou planta, que influenciam na intensidade do dano provocado por uma praga. Portanto, baseado nesta definição, a resistência de plantas a insetos pode ser considerada um caráter genético e ser avaliada como tal.

Comparando a resistência de plantas a insetos com outros métodos de controle, as principais vantagens podem ser resumidas a seguir (Vendramin², 1997):

1. Alternativa ao controle químico, apresentando harmonia com o ambiente;
2. Diminuição da população da praga pelos materiais resistentes;
3. Não apresenta gastos adicionais para a cultura;
4. Não necessita de conhecimentos específicos e técnicas adicionais para a sua utilização.

E como principais desvantagens para esse método podem ser citados:

1. As fontes de resistência geralmente não são comerciais, e a obtenção do material resistente requer esforços a prazos relativamente longos;
2. Quebra de resistência;
3. Ocorrência de resistência conflitante, ou seja, uma variedade pode se tornar resistente a uma praga, e suscetível a outra.

Embora o termo resistência se refira a um desempenho global das plantas em relação aos insetos, existem formas de ocorrência que tornam uma planta mais resistente do que outra. Painter (1951) afirma que existem 3 formas principais de ocorrência no complexo planta X inseto:

1. Antixenose: a planta provoca uma reação negativa no inseto durante o processo de seleção hospedeira para alimentação, abrigo ou oviposição;
2. Antibiose: a planta permite que o inseto se alimente normalmente, porém a planta apresenta efeitos negativos na biologia do inseto;

² José Djair Vendramin: Curso sobre Resistência de Plantas a Insetos, ESALQ - USP

3. Tolerância: as plantas são normalmente atacadas pelo inseto, porém apesar de igualmente atacadas, um grupo de plantas é menos danificado que outro, sem causar nenhum efeito adverso na biologia e no comportamento do inseto.

Ainda segundo Painter (1951), além do conhecimento da forma de resistência, existem causas isoladas intrínsecas das plantas ou de um grupo de plantas que a tornam resistente:

1. Causas físicas: as cores influenciam a oviposição e a alimentação dos insetos;
2. Causas químicas: as plantas possuem substâncias químicas, intrínsecas denominadas aleloquímicos, que afetam o comportamento e o metabolismo do inseto;
3. Causas morfológicas: as plantas possuem estruturas (pelos, espinhos) ou órgãos (nectários) que interferem no comportamento do inseto.

O melhorista, quando inicia a análise de um novo germoplasma e visa extrair fontes de resistência a insetos, necessita ter conhecimento desses princípios básicos, os quais podem auxiliar no agrupamento de materiais, e conhecendo a forma e as causas da resistência, pode relacionar os mecanismos de resistência com mecanismos genéticos, e chegar a conclusões mais claras sobre o assunto.

Para a cultura do milho há descrições de diversas formas de ocorrência de resistência. Em relação a antixenose, os ensaios são instalados em laboratório e/ou casas de vegetação, e as avaliações ocorrem principalmente por contagem de ovos nas folhas, consumo de folhas frescas e em dietas. Isenhour et al. (1985) estudando os genótipos Cacahuacintle X's e MpSWCB-4 em ensaios de laboratório, observou que o primeiro genótipo foi mais preferido para alimentação pela lagarta do cartucho. Williams et al. (1986) analisando o híbrido Pioneer X304C, concluiu que este material diminuía a taxa de oviposição, e conseguiu ainda, isolar a substância deterrente para a oviposição (gelcarin HWG). Ng et al. (1990) estudando a preferência para oviposição da lagarta do cartucho em diferentes materiais, concluiu que os híbridos SC229 X Tx601 e Ab24E X Va35 apresentaram um grande número de oviposições, quando comparados com os híbridos Mp496 X Mp701 e Mp704 X Mp706.

Em ensaios montados em laboratório, observa-se principalmente os efeitos dos genótipos de milho no comportamento e biologia do inseto (antibiose), sugerindo uma maior ou menor resistência. Ng et al. (1985) verificaram que dietas contendo folhas de híbridos resistentes promoviam uma maior mortalidade de lagartas e pupas. Além disso, o período pupal foi alongado e a capacidade reprodutiva diminuiu em 34 e 50%. Da mesma forma, Melo & Silva (1987) relataram que, as lagartas de *S. frugiperda* criadas em genótipos resistentes apresentaram período larval, número de instares, duração das fases de pré-pupa e pupa e período pós-embrionário maiores que as criadas em materiais suscetíveis. Vendramin & Fancelli (1988) estudando seis genótipos de milho concluíram que estes afetaram diferencialmente a duração larval, o peso das lagartas (8º dia) e das pupas e a viabilidade das fases de ovo, lagarta e pupa. Wiseman (1988) analisando vários genótipos de milho, afirmou que o material MpSWCB-4 apresentou reduções significativas no peso das lagartas do cartucho. Hedin et al. (1989) afirmaram que os aminoácidos se constituem no fator de maior importância na resistência de plantas a esta praga. A taxa de aminoácidos em plantas suscetíveis e resistentes foram similares nos materiais testados, porém os tipos de aminoácidos não essenciais dos genótipos suscetíveis diferiram dos resistentes. Além desta característica, os autores sugerem também, as altas concentrações de ácido aspártico e o alto conteúdo de hemicelulose e lignina (fibras) como bases da resistência das plantas de milho à *S. frugiperda*.

2.3 – Bases genéticas da resistência do milho a lagarta do cartucho

Em muitas variedades resistentes descritas na literatura, segundo Smith (1994), a resistência é controlada por uma série de aleloquímicos diferentes. O ácido hidroxâmico cíclico (DIMBOA) e o produto de sua decomposição, 6-MBOA, ocorrem na folhagem de algumas fontes de resistência. O glucosídeo do grupo flavona denominado maisina (Welcker, 1997) ocorre no estilo-estigma de outras variedades resistentes. Estes são os aleloquímicos mais estudados e já estão associados a materiais resistentes. Estas substâncias matam ou impedem o desenvolvimento de muitas das principais pragas da cultura do milho. Outros aleloquímicos que apresentam efeitos antibióticos na lagarta do

cartucho são: ácido aspártico (Hedin et al., 1990), maisina (Welcker, 1997), isoorientina, ácido clorogênico (Snook et al., 1997) e um inibidor de protease, 33 KD cisteína proteinase (Jiang, 1997). Em relação à maisina, Widstrom et al. (1992) relataram que seu conteúdo é controlado por um gene dominante, na linhagem de milho pipoca PI 340856. Este resultado é confirmado pelos estudos de Bondari & Wiseman (1994) que afirmaram que o conteúdo de maisina apresentou controle genético com ações gênicas dominantes, aditivos-dominantes e, em alguns cruzamentos, epistasia. A concentração de DIMBOA, é uma característica herdável e possível de ser alterada por seleção. Um programa de seleção recorrente pode aumentar eficientemente o nível de resistência dos materiais utilizados (PENNY et al., 1967). O nível de DIMBOA requerido para conferir resistência não está bem delimitado porém, BARRY et al. (1994) sugeriram por experiência pessoal que, um valor em torno de 100 µg/g no tecido foliar, não é suficiente para manter resistência a primeira geração de *O. nubilalis*. Os autores sugeriram um valor de, no mínimo, 400 µg/g para selecionar materiais, utilizando a DIMBOA como critério de seleção. BARRY et al. (1994) avaliaram o teor de DIMBOA em diversos materiais e em cruzamentos destes. Os genótipos resistentes apresentaram níveis mais elevados de DIMBOA e esta característica foi expressada nos vários cruzamentos, de maneira aditiva, indicando que a DIMBOA é determinada geneticamente.

A planta de milho possui diversas características morfológicas que lhe confere resistência a lagarta do cartucho. Alguns genótipos resistentes a essa praga apresentam um teor de fibra maior (celulose e hemicelulose) (Bergvinson, 1993), ceras densas na superfície da folha (Yang et al., 1993), um número de feixes vasculares por área maior (Davis et al., 1995), uma cutícula foliar e uma parede celular mais grossa (Hedin et al., 1984) que os materiais suscetíveis. Apesar de terem sido identificados vários caracteres morfológicos que conferem resistência aos genótipos que expressam estas características, muito pouco se conhece a respeito de suas bases genéticas.

Uma outra forma de se avaliar a resistência é considerando a resposta da planta em relação ao ataque do inseto. Nesse caso, não são conhecidas as causas, nem a forma como a resistência atua, e a mesma é considerada como um conjunto de fatores que atuam sobre a população do inseto. As avaliações para este tipo de consideração é

realizada através de uma escala de notas, e a resistência é avaliada através de seus efeitos médios dentro de uma população. O caráter resistência avaliado dessa forma, apresentou efeitos aditivos e não aditivos na expressão da resistência a lagarta do cartucho, com estimativas de herdabilidade variando de 29% a 57% (Viana & Guimarães, 1997).

2.4 – Instalação de experimentos para a avaliação da resistência a lagarta do cartucho

Na literatura são encontradas vários tipos de experimentos para avaliação da resistência a lagarta do cartucho. Os mais comuns são os ensaios de laboratório, onde as mariposas adultas são mantidas por dietas artificiais e, sua prole neonata é utilizada nos mais diversos ensaios. Geralmente estes ensaios envolvem um grupo de genótipos, cujas sementes são plantadas e as folhas novas são fornecidas para as lagartas ou são incluídas na dieta artificial dentro do laboratório. Nestes ensaios são avaliados caracteres biológicos do inseto (peso larval, desenvolvimento larval, mortalidade, número de dias para o ciclo, etc) e os materiais considerados resistentes são os que causaram efeitos negativos nos caracteres avaliados. Nestes ensaios de estudo comparativo de genótipos não é possível fazer inferências genéticas sobre o caráter resistência, porque a mesma está sendo avaliada através dos seus efeitos na população de insetos, ou seja, a quantificação da resistência é realizada na população de insetos. Por outro lado, é através destas alterações no comportamento do inseto que são conhecidas as causas e formas de resistência. Wiseman et al. (1981) estudou os mecanismos de resistência em 5 acessos de milho, instalando ensaios em laboratório para antibiose e antixenose, concluindo que o genótipo MpSWCB-4 apresentou ambos mecanismos de resistência. Vendramin & Fancelli (1988) estudaram o efeito de 6 genótipos de milho na biologia da lagarta do cartucho, em ensaios de laboratório. Os genótipos Cateto Palha Roxa e Zapalote Chico foram considerados resistentes por apresentarem fortes efeitos negativos na duração da fase larval, peso das lagartas, e das pupas e viabilidade das fases de ovo, lagarta e pupa. Williams & Buckley (1992) avaliaram o desenvolvimento da lagarta do cartucho em

genótipos de milho resistentes e suscetíveis, onde tecidos liofilizados dos genótipos foram adicionados a dietas artificiais. As larvas que foram alimentadas com a dieta contendo material resistente (Mp704, Mp707 e Mp708) apresentaram pesos 53% inferiores aos da testemunha.

Baseado na literatura consultada, os experimentos de campo são realizados de duas maneiras:

1. com infestações naturais, nesse caso os experimentos são instalados na época de maior ocorrência da praga e, uma testemunha suscetível deve ser utilizada para servir de parâmetro de infestação. As avaliações são geralmente realizadas no estágio V6 (6 pares de folhas) através de uma escala de notas;
2. com infestações artificiais, nesse caso, procura-se evitar que as épocas de chuvas abundantes coincidam com a época da infestação. As lagartas são obtidas em laboratórios de criação massal de insetos, e aplicadas, quando neonatas através de um aplicador de lagartas, denominado “bazuka”, desenvolvido no Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT – México). As lagartas neonatas são colocadas diretamente no cartucho do milho, no estágio V6, em números que variam de 15 a 40 lagartas por planta. As avaliações são realizadas aos 7 e 14 dias após a infestação artificial, através de uma escala de notas para danos da lagarta.

Nos experimentos de campo sem infestações artificiais pode ocorrer um fenômeno que muitas vezes altera os resultados da pesquisa, denominado de pseudoresistência. Segundo Painter (1951) este fenômeno ocorre quando um fator ambiental qualquer, torna a planta resistente ou menos danificada. Estas alterações podem ocorrer de três formas:

1. Escape: devido a um fator ambiental, a praga não consegue se instalar na cultura (chuvas);
2. Assincronia fenológica: as plantas passam rapidamente por seu período de maior suscetibilidade, ou esse período coincide com o período de menor densidade populacional da praga;

3. Resistência induzida: por ação de um fator ambiental, as plantas se tornam resistentes, porém quando este é suprimido, as plantas voltam a ser suscetíveis.

A pseudoresistência diminui muito a confiabilidade dos dados de campo. Os experimentos sob infestação natural podem tentar corrigir, ou evitar a ocorrência deste fenômeno, distribuindo as testemunhas suscetíveis ao longo da área experimental.

Segundo Mihn (1987), em relação aos lepidópteros que atacam o milho, a utilização de infestações naturais em ensaios de avaliação ou seleção, resulta em nenhum ganho, sucesso esporádico ou ganhos demorados insuficientes. As principais razões para o pouco sucesso utilizando as infestações naturais incluem:

1. As populações naturais estão sujeitas às condições ambientais incontroláveis, portanto são geralmente imprevisíveis desuniformes em relação ao tempo, nível ou distribuição da infestação;
2. O campo de milho é um ecossistema complexo e, a natureza raramente manda somente a praga de interesse, complicando o esquema de avaliação e seleção para a resistência;

A maioria destes problemas foram superados pelo desenvolvimento de técnicas de criação massal das pragas desejadas em dietas artificiais, em uma escala consistente aos objetivos do melhoramento. De acordo com Mihn (1987), para se obter germoplasmas resistentes a insetos, é necessário que se realize infestações uniformes, adequadas e significativas da praga nos testes de seleção.

No Mississippi (Estados Unidos), o início do programa de melhoramento de milho para resistência a lagarta do cartucho foi realizado utilizando infestações naturais (Davis et al., 1987). Segundo esses autores, procurava-se instalar os experimentos de avaliação nas épocas de maior incidência da praga. Este procedimento, segundo os pesquisadores foi eficiente na identificação de genótipos resistentes. A partir dessa seleção inicial, os autores decidiram avançar as populações sob infestação artificial. De maneira geral, são realizadas duas aplicações (tiros) de “bazooka” calibradas para 15 larvas por aplicação, e

estas são feitas diretamente no cartucho do milho, no estágio V6. As avaliações se iniciam 14 dias após a infestação artificial utilizando uma escala de notas de 0 a 9, onde:

0	Sem danos
1	Orifícios pequenos em poucas folhas
2	Pequena quantidade de pequenos orifícios em algumas folhas
3	Pequena quantidade de pequenos orifícios em várias folhas
4	Pequena quantidade de pequenas lesões em várias folhas
5	Lesões em várias folhas
6	Grandes lesões em várias folhas
7	Grandes lesões e pedaços comidos em poucas folhas
8	Grandes lesões e muitos pedaços comidos em várias folhas
9	Grandes lesões e muitos pedaços comidos na maioria das folhas

Segundo os autores, aos 14 dias após a infestação se consiste no tempo adequado para se obter taxas visuais dos danos foliares, considerando que a maioria das larvas completaram sua alimentação e foram para o solo, para a pupação. Uma observação interessante feita pelos pesquisadores, foi sobre a migração das lagartas. Estas migram frequentemente de planta para planta dentro e entre linhas dos ensaios, sendo talvez mais apropriado realizar uma avaliação precoce visual aos 7 dias após a infestação artificial. Tal avaliação evitaria as notas mais altas adquiridas aos genótipos resistentes, resultante da migração de lagartas de plantas suscetíveis vizinhas.

Na Georgia (Estados Unidos), os genótipos de milho são selecionados para resistência a lagarta do cartucho nos “seedlings” e no campo. No primeiro, as plântulas com 2 ou 3 dias após a germinação, cultivadas em caixas de areia, são infestadas com 2 larvas neonatas por plântula. A avaliação dos “seedlings” é realizada 3 a 5 dias após a infestação artificial. Utilizando uma escala de notas diferente da apresentada anteriormente (Wiseman et al., 1966):

0	Nenhum dano visível
1	Pequenas quantidades de pontos de alimentação
2	Vários pontos de alimentação
3	Pequena quantidade de furos
4	Vários furos
5	Várias lesões
6	Várias lesões, furos e partes perdidas por alimentação
7	Várias lesões, partes perdidas com algumas áreas mortas
8	Várias partes perdidas e áreas mortas
9	Cartucho quase completamente destruído e várias lesões com muitas áreas mortas
10	Plântula morta, ou morrendo ou quase completamente destruída

Os experimentos de campo são similares aos praticados no Mississippi. A “bazuka” utilizada é um pouco diferente, modificada pelo CIMMYT (Wiseman et al., 1980), e são calibradas para 20 lagartas neonatas por tiro, nas plantas no estágio V8 a V10, sendo executados 2 tiros por cartucho (40 lagartas por planta). As avaliações são realizadas 14 dias após a infestação artificial, utilizando-se a mesma escala de notas visual da casa de vegetação.

No México (CIMMYT), de acordo com os procedimentos descritos por Mihn (1987), a seleção e o melhoramento é feito a nível de campo, nas estações experimentais. E os processos de condução dos ensaios são similares aos descritos para a Georgia. O CIMMYT realiza ensaios com infestações rotineiramente, infestando aproximadamente 100.000 plantas por ano.

No Brasil, experimentos para resistência a lagarta do cartucho têm sido realizados em alguns centros de pesquisa. Na Universidade Federal Rural de Pernambuco foram realizados ensaios de avaliação para resistência a lagarta do cartucho, sob infestações naturais e utilizando-se uma escala de notas de 0 a 5 para avaliação dos danos, proposta por Carvalho (1970):

0	Planta não danificada
1	Raspadura nas folhas
2	Furo nas folhas
3	Lesão nas folhas
4	Lesão no cartucho
5	Cartucho destruído

Nos trabalhos consultados (Lemos et al., 1990; González et al., 1994; Lemos et al., 1995), não há indicação da época de avaliação, contudo para utilização desta escala de notas, a melhor época ocorre entre os estádios V6 e V8.

Na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (UNESP), os ensaios para resistência a lagarta do cartucho são realizados sob infestação natural, utilizando-se a escala de notas de 0 a 10 (Osuna et al., 1995) proposto por Wiseman et al. (1966) e a escala de notas de 0 a 5 ((Lara et al. 1984), proposta por Carvalho (1970).

Na Centro Nacional de Milho e Sorgo (CNPMS – EMBRAPA) em Sete Lagoas, MG, segundo Viana & Guimarães (1994), tem feito criação massal de lagarta do cartucho desde 1980, e desde então, realizam experimentos sob infestações artificiais em larga escala, selecionando genótipos de milho resistentes. As infestações são realizadas nos estádios V4 a V5, utilizando “bazukas” calibradas para 30-40 lagartas neonatas por planta. As avaliações são realizadas 14 dias após a infestação artificial, através de uma escala de notas de 0 a 9, proposta por Davis & Williams (1989).

Na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, SP, foi iniciado recentemente (1996) um programa de melhoramento para resistência a lagarta do cartucho, onde a criação massal de insetos é realizada no Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia, e as infestações artificiais são conduzidas no Departamento de Genética da referida instituição. Essa associação entre melhoristas e entomologistas é apontada por Mihn (1987) como extremamente desejável em programas de melhoramento envolvendo resistência a pragas. Contudo, as infestações ainda não são rotineiras, se limitando a experimentos pré-programados. As infestações são realizadas no estádio V6, e são aplicadas 15 lagartas por planta, utilizando uma “bazuka” modificada pelo Departamento de Genética, calibrada para 5 – 10 lagartas por

tiro. São realizadas avaliações aos 7 e 14 dias após a infestação natural, utilizando a escala de notas proposta por Carvalho (1970). Nessa instituição foram avaliados vários genótipos de milho em uma escala de 5000 plantas por ano.

2.5 – Métodos de melhoramento genético do milho visando resistência a lagarta do cartucho

Segundo Lara (1991), o controle de pragas com a utilização de variedades resistentes desponta como tática ideal, pois sua utilização reduz as populações de insetos, além de não interferir no ecossistema, pois não promove desequilíbrio ambiental. Além disso, seu efeito é cumulativo e persistente, não é poluente, não acarreta ônus ao custo de produção e, finalmente, não exige conhecimentos específicos por parte dos agricultores. Wiseman & Widstrom (1992) da mesma forma, afirmaram que uma das alternativas mais viáveis ao uso de inseticidas para o controle de pragas, é o uso de variedades resistentes.

De maneira geral, os programas de melhoramento envolvendo resistência a lagarta do cartucho, são baseados na seleção de progênies endogâmicas e recombinação dos materiais selecionados em S_2 . Na maioria dos experimentos envolvendo infestação artificial, as estimativas de herdabilidade ao nível de médias é relativamente baixo, e considerando os efeitos aditivos e não aditivos apontados por (Viana & Guimarães, 1997), métodos de seleção recorrente utilizando famílias endogâmicas são indicados para este caráter.

Lemos et al. (1990) avaliaram 400 progênies de meios irmãos da população Dentado Composto, correspondentes ao segundo ciclo de seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos do material. Dentre os vários caracteres avaliados, para resistência a lagarta do cartucho sob infestação natural foram encontrados baixos valores nas estimativas dos parâmetros genéticos, concluindo que a falta de variabilidade genética poderia ser devida a falta de um controle ambiental mais eficiente nas avaliações das progênies. Os trabalhos de González et al. (1994) e Osuna et al. (1995) também avaliaram progênies de meios irmãos para resistência a lagarta do cartucho. Os

primeiros autores utilizou 363 progênies de meios irmãos provenientes do segundo ciclo de seleção do material Dentado Composto, estabelecendo correlações entre alguns caracteres e a avaliação de danos para lagarta do cartucho. Foram encontradas correlações significativas e negativas entre produção de grãos e danos da lagarta do cartucho. Os segundos autores trabalharam com 98 famílias de meios irmãos da população Composto Flint com o objetivo de avaliar as mesmas para resistência a lagarta do cartucho, entre outros. A estimativa de herdabilidade foi de 29,19%, e o coeficiente de variação genético 5,50% para resistência a lagarta do cartucho.

Widstrom et al. (1992a) estudaram 11 populações previamente selecionadas para resistência a múltiplos insetos, cruzadas em um conjunto dialélico. Os híbridos interpopulacionais foram plantados e avaliados. Apesar da resistência avaliada neste experimento se referir a danos na espiga, os autores encontraram capacidades geral e específica de combinação significativas, encontrando pares de cruzamentos resistentes a lagarta da espiga (*Helicoverpa zea*), porém nenhum par de populações foi detectado para a lagarta do cartucho. Os autores sugeriram ainda que nestes pares de populações, a seleção recorrente recíproca pode elevar a média dos caracteres avaliados. Widstrom et al. (1992b) avaliaram um ciclo de seleção recorrente na variedade sintética exótica FAW-CC, com o objetivo de estimar a variância genética, herdabilidade e o ganho genético, e ainda avaliar a eficiência da seleção comparando o progresso esperado com o obtido para resistência a lagarta do cartucho. As estimativas de herdabilidade foram promissoras (45% a 77%), porém a diferença entre os progressos esperados e obtidos atingiu uma proporção de 2/3. Os autores concluíram que, ciclos avançados da variedade FAW-CC podem se consistir em boas fontes de resistência a lagarta do cartucho. Widstrom et al. (1993) estudaram os cruzamentos entre 12 populações previamente selecionadas para resistência a insetos em um modelo dialélico, com o objetivo de identificar populações com elevada heterose para as características de resistência. Este estudo apontou como potencialmente promissores os cruzamentos entre CEW-FAW, CEW-MW e FAW-MW. Os conjuntos com o material FAW apresentaram resistência a lagarta do cartucho.

2.5 - Germoplasma de milho

Estima-se que o germoplasma utilizado na produção comercial de sementes de milho, não excede a 5% da variabilidade disponível (Goodman, 1978). No entanto, por toda América Latina são encontradas raças de milho, que apresentam uma imensa variabilidade genética para todas as características (Goodman & Paterniani, 1969). Este diversificado germoplasma foi pouco explorando, representando uma reserva potencial estratégica para diversas características, inclusive resistência a pragas e doenças. Por exemplo, no projeto GEM (Germplasm Enhancement of Maize) da Universidade de Iowa (Estados Unidos), foram identificados germoplasmas oriundos do Perú com alto potencial de resistência a lagarta (Polak, 1996). Em programas de melhoramento tradicionais, os materiais exóticos podem ser incluídos, tanto para aumentar a base genética das populações usuais, como para transmitir características específicas, ligadas a um ou poucos genes.

A identificação e o teste de novos germoplasmas tem que ser contínuas para a resistência de plantas a insetos, buscando sempre a introgressão de novas fontes de resistência no germoplasma comercial. Mihn et al. (1994) pesquisando os acessos do banco de germoplasma do CIMMYT, encontraram fontes de resistência para a lagarta do cartucho entre os acessos e no germoplasma elite. A população Antigua, selecionada a partir do banco de acessos, foi avaliada através de suas progênes endogâmicas, e as linhagens selecionadas foram recombinadas para aumentar os níveis de resistência. Este material recombinado foi então introgridido na população tropical com resistência múltipla de insetos (MIRT ou população 390) e na população resistente a múltiplas brocas (MBR ou população 590).

No Brasil, Viana & Potenza (1991) identificaram vários genótipos como resistentes mediante infestações artificiais, no período de 1986 a 1990. Viana (1994) avaliou em ensaios de campo, 121 materiais do Banco Ativo de Germoplasma de Milho do CNPMS – EMBRAPA, para resistência a lagarta do cartucho, em 1993.

Conforme já foi dito, o milho apresenta uma diversidade muito grande, incentivando a busca de novas fontes de resistência. Contudo, para a utilização adequada

desse germoplasma selecionado, técnicas de avaliação, delineamentos experimentais e estimativas de parâmetros genéticos adequadas tem que ser incorporadas na rotina de programas de melhoramento clássico.

3 - MATERIAIS E MÉTODO

3.1 - Populações

Neste trabalho foram utilizadas três populações adaptadas, com histórico de resistência a lagarta do cartucho, descritas a seguir:

- CMS 14C $\Rightarrow$ População selecionada no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas-MG, em 1987, como fonte de resistência a *Spodoptera frugiperda*, em testes de campo sob infestação artificial da praga. Essa população também apresentou características agronômicas desejáveis para o melhoramento genético.
- CMS 23 $\Rightarrow$ Variedade sintética formada a partir de 24 progênies S_2 , selecionadas em 1988/89 para resistência a lagarta do cartucho oriundas da população original CMS 23, também previamente selecionada para resistência a essa praga e características agronômicas desejáveis, e 5 linhagens com um alto grau de endogamia, selecionadas em 1989/90, em um topcross, para produtividade e características de interesse agronômico.
- São José (BR 5026) $\Rightarrow$ Composto formado na Universidade Federal Rural de Pernambuco-RE (UFRPE), a partir de 363 progênies de meios irmãos obtidas em quatro ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no Composto Dentado (ESALQ-USP), considerando principalmente a resistência às lagartas do cartucho e da espiga (*Helicoverpa zea*).

As avaliações foram divididas em duas etapas, envolvendo progênies de diferentes ciclos de seleção:

1 - Avaliação das progênes de irmãos germanos e S_1 's correspondendo ao primeiro ciclo de seleção com progênes endogâmicas em dois locais, Piracicaba-SP e Rio Verde-GO

2 - Estudos envolvendo topcrosses recíprocos de progênes S_2 , derivadas das populações CMS 14C, CMS 23 e BR 5026, para fins de avaliar a capacidade recíproca de combinação.

3.2 – Avaliação das progênes S_1 e de irmãos germanos

Os experimentos com progênes S_1 e de irmãos germanos foram instalados na localidade de Rio Verde – GO, em novembro de 1996 (ano agrícola 1996/1997).

Foram utilizadas 140 linhagens S_1 e 100 progênes de irmãos germanos, extraídas populações CMS 14C e CMS 23, e 110 linhagens S_1 e 90 progênes de irmãos germanos da variedade BR 5026. Para facilitar a condução dos ensaios, as linhagens foram divididas em experimentos de até 70 tratamentos por população, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 1: Número de experimentos, número de linhagens (tratamentos) por experimento com a referida população de origem e tipo de progênie, instalados em Rio Verde - GO (1996/1997).

Experimentos	Número de linhagens (tratamentos)		População
1	70	S_1	CMS 14C
2	70	S_1	CMS 14C
3	70	S_1	CMS 23
4	70	S_1	CMS 23
5	55	S_1	BR 5026
6	55	S_1	BR 5026
7	50	IG	CMS 14C
8	50	IG	CMS 14C
9	50	IG	CMS 23
10	50	IG	CMS 23
11	45	IG	BR 5026
12	45	IG	BR 5026

Como testemunha foi utilizado o híbrido triplo comercial G85 da Novartis Seeds, como um parâmetro para caracteres de produção.

Em outubro de 1997 (ano agrícola 1997/1998), foram instalados novos ensaios de avaliação com as mesmas progênes S_1 , porém utilizando duas testemunhas, uma resistente e uma suscetível. A testemunha resistente foi a própria população de origem, e a testemunha suscetível foi o cultivar Piranão VD2, escolhida em um pequeno experimento de laboratório cujos detalhes se encontram nos anexos. Para facilitar a condução dos ensaios, também em Piracicaba, as linhagens foram divididas em experimentos de até 60 tratamentos. Devido a quantidade de sementes obtidas nas polinizações manuais, o número de progênes foi diferente entre as populações. Na tabela 2 são apresentados os experimentos, o número de progênes e a população de referência.

Tabela 2. Número de experimentos, número de linhagens (tratamentos) por experimento com a referida população de origem, instalados em Piracicaba - SP (1997/1998).

Experimentos	Tratamentos	Populações
1	50	CMS 14C
2	50	CMS 14C
3	48	CMS 14C
4	50	CMS 23
5	50	CMS 23
6	47	CMS 23
7	60	BR 5026
8	52	BR 5026

Os ensaios foram instalados, em blocos casualizados, com parcelas de 3 m, e duas repetições, em um espaçamento de 0,2 m entre plantas e 0,9 m entre linhas. As testemunhas foram plantadas de maneira intercalar a cada dez linhas.

Foram avaliados em ambos locais:

Peso de espigas (PE, Kg/parcela)

Altura da planta (AP, cm)

Altura da espiga (AE, cm)

Estande ou número total de plantas da parcela (EST)

Nos ensaios instalados em Piracicaba-SP, foram avaliados alguns caracteres a mais:

Peso de grãos (PG, Kg/parcela)

Número de espigas totais por parcela (NE)

Comprimento da espiga (CE, cm)

Diâmetro da espiga (DE, cm)

Foram realizadas correções nos caracteres PE e PG para o estande ideal (STi) de 15 plantas, através da metodologia de correção por covariância modificada por Miranda Filho, J.B. (Vencovsky & Barriga, 1992). A partir das análises de variância e covariância para estande e produção em blocos casualizados, estimou-se o coeficiente de regressão linear (b), obtido por: $b = SP_{x,y}/SQ_x$, sendo x o estande observado (ST) e y a produção (PE ou PG); $SP_{x,y}$ a soma de produtos residual da análise de covariância entre estande x produção; SQ_x a soma de quadrados residual da análise de variância para estande.

As correções foram efetuadas ao nível de total de parcelas, e os pesos (PEc e PGc, em gramas) foram obtidos como se segue:

$$PC = P - b.(ST - STi), \text{ onde:}$$

PC = peso corrigido de espigas (PEc) ou de grãos (PGc);

P = peso de espigas (PE) ou de grãos (PG);

b = coeficiente de regressão linear do peso de espigas ou de grãos, em relação às variações de estande;

ST = estande observado;

STi = estande ideal.

3.2.1 – Método de infestação artificial e avaliação visual dos danos

Inicialmente foram coletadas cerca de 50 posturas no campo, as quais foram mantidas e replicadas conforme os métodos propostos por Burton & Perkins (1987), Davis (1987) e Mihm (1987), no Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia da ESALQ-USP.

A infestação artificial de larvas de *S. frugiperda* em campo, foi realizada com larvas recém eclodidas (neonatas), provenientes de posturas em sacos plásticos (20 x 50 cm), sendo que cada saco poderá conter até 10000 larvas disponíveis.

Para infestação artificial em campo, foram utilizados aparelhos denominados de “bazookas”, idealizadas no CIMMYT por Mihm et al.(1978) citado por WISEMAN et al. (1980) , e adaptadas no Departamento de Genética da ESALQ-USP. As larvas, misturadas com sabugo de milho moído seco ao ar (agente protetor), foram colocadas no equipamento supramencionado, que foi calibrado para uma infestação de 15 lagartas por planta. O processo de infestação ocorrerá quando as plantas de milho apresentarem de 6 a 8 folhas abertas.

Conforme descrito na literatura (Davis, 1984), alguns autores recomendam fazer duas avaliações: a primeira aos 7 dias após a infestação artificial, e a segunda, 14 dias após a infestação artificial.

Nos experimentos de Piracicaba, as avaliações dos danos ocorreram aos 7 dias (RL1) e aos 14 dias (RL2) após a infestação artificial, segundo a escala de notas, que variam de 0 (sem danos) a 5 (cartucho destruído) proposta por Carvalho (1970).

3.2.2 – Análises de variância e estimação de parâmetros genético-estatísticos

As análises de variância (tabela 3) foram realizadas segundo o procedimento de Vencovsky & Barriga (1992), para ensaios com duas repetições, em todas as características avaliadas, com exceção do estande, segundo o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + p_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

onde:

- Y_{ij} = média da progênie i, no bloco j;
 μ = média geral do experimento;
 p_i = efeito aleatório da progênie i;
 b_j = efeito aleatório do bloco j;
 ε_{ij} = erro experimental associado a parcela i, no bloco j.

Tabela 03: Esquema de análise de variância para delineamentos em blocos casualizados com as esperanças dos quadrados médios.

Fonte	gl	Q.M	E(QM)
Blocos	b-1	--	--
Progênies	p-1	Q_1	$\sigma^2 + r\sigma_p^2$
Erro	(b-1)(p-1)	Q_2	σ^2

Onde:

σ^2 = variância ambiental;

σ_p^2 = variância genética entre progênies.

De acordo com a tabela 3, a variância genética entre progênies (σ_p^2) foi obtida da seguinte maneira:

$$\sigma_p^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r}$$

onde:

r = número de repetições.

Na estimação da variância genética aditiva (σ^2_A) para os caracteres com baixa dominância (AP, AE, NE, CE, DE, RL1 e RL2) foi utilizada a hipótese $\sigma^2_D = 0$. Portanto, para as progênie de irmãos germanos onde $\sigma^2_p = \frac{1}{2} \sigma^2_A + \frac{1}{4} \sigma^2_D$, tem-se para os caracteres de baixa dominância que:

$$\sigma^2_A = 2 \sigma^2_{pIG},$$

e para o caráter peso de espigas e peso de grãos:

$$\sigma^2_A = \frac{4}{3} \sigma^2_{pIG}$$

Para todos os caracteres foram determinados os coeficientes de variação experimental (CVe), os coeficientes de variação genética (CVg) e o índice de variação genético b.

$$CVe = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{\bar{x}}$$

$$CVg = 100 \times \frac{\sqrt{\sigma^2_p}}{\bar{x}}$$

onde:

$\bar{x}$ = média

$$b = \frac{CVg}{CVe}$$

A estimação do coeficiente de herdabilidade para médias de progênes foi:

$$h^2_m = \frac{\sigma^2_p}{\sigma^2_F}$$

onde:

σ^2_F = variância fenotípica entre médias ou totais de parcelas, obtida da seguinte maneira:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_p + \frac{\sigma^2}{r} = \frac{Q}{r}$$

3.2.3 – Progresso esperado com a seleção

Foi estimada para as linhagens das populações em estudo, o progresso esperado com a seleção, utilizando uma intensidade de 20%, para todos os caracteres avaliados.

$$GS = k \frac{\sigma^2_g}{\sqrt{\sigma^2_F}}$$

onde:

$k = 1,3998$ (20% de seleção)

Porém, para ter uma noção melhor desta estimativa, foi calculado o GS em porcentagem, pela fórmula:

$$GS\% = \frac{GS}{\bar{x}} 100$$

3.2.4 - Depressão por endogamia

Determinou-se a depressão por endogamia para as populações CMS 14C, CMS 23 e BR 5026, nos dois locais de avaliação e para todos os caracteres avaliados. A depressão por endogamia foi assim calculada:

$$DE(\%) = \frac{\bar{S}_1 - \bar{S}_0}{\bar{S}_1}$$

onde:

$\bar{S}_0$ = média da população S_0 ;

$\bar{S}_1$ = média das progênes S_1 .

3.3 – Avaliação dos topcrosses recíprocos

Foram avaliados os topcrosses recíprocos das progênes S_2 , provenientes das populações CMS 14C, CMS 23 e BR 5026, utilizando como testador as populações de origem (S_0). Foram obtidos 50 topcrosses de cada grupo de cruzamentos, totalizando 300 híbridos (100 de cada população). Foram instalados experimentos seguindo os mesmos padrões anteriores, porém com 3 repetições, uma testemunha resistente (as respectivas populações originais) e uma testemunha suscetível. Foram avaliados os seguintes caracteres:

Peso de espigas (PE, Kg/parcela)

Avaliação para danos a lagarta do cartucho, 7 dias após a infestação artificial (RL1)

Avaliação para danos a lagarta do cartucho, 14 dias após a infestação artificial (RL2)

Altura da planta (AP, cm)

Altura da espiga (AE, cm)

O caráter peso de espigas também nesse caso, foi corrigido para estande ideal (PEc), através da aplicação da mesma equação de regressão.

3.3.1 – Análises de variância e estimativas de parâmetros genéticos

A estrutura da análise de variância para os experimentos com topcrosses foram executadas segundo delineamentos em blocos casualizados, cujo modelo matemático é apresentado a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

onde: Y_{ij} = média do tratamento i, no bloco j;
 μ = média geral do experimento;
 t_i = efeito aleatório do tratamento i;
 b_j = efeito aleatório do bloco j;
 ε_{ij} = erro experimental associado a parcela i, no bloco j.

Tabela 04: Esquema de análise de variância para delineamentos em blocos casualizados com as esperanças dos quadrados médios para os topcrosses.

Fonte	GL	QM	E(QM)
Blocos	(b-1) 2	--	--
Tratamentos	(t+P ₀)-1	Q ₁	--
topcrosses	(t-1) 299	Q ₂	$\sigma_e^2 + b\sigma_T^2$
A x B	(n-1) 49	Q ₃	$\sigma_e^2 + b\sigma_{AB}^2$
B x A	(n-1) 49	Q ₄	$\sigma_e^2 + b\sigma_{BA}^2$
A x C	(n-1) 49	Q ₅	$\sigma_e^2 + b\sigma_{AC}^2$
C x A	(n-1) 49	Q ₆	$\sigma_e^2 + b\sigma_{CA}^2$
B x C	(n-1) 49	Q ₇	$\sigma_e^2 + b\sigma_{BC}^2$
C x B	(n-1) 49	Q ₈	$\sigma_e^2 + b\sigma_{CB}^2$
Entre grupos	(g-1) 5	Q ₉	--
entre conjuntos	(c-1) 2	Q ₁₀	--
entre grupos/conjuntos	3 3	Q ₁₁	--
Parentais vs topcrosses	1 1	Q ₁₂	--
entre Populações Parentais	P ₀ -1 2	Q ₁₃	--
Erro	(b-1)(t-1)	Q ₁₄	σ_e^2

Nota: A= CMS 14C

B = CMS 23

C = BR 5026

Os parâmetros genético-estatísticos foram estimados segundo a metodologia supramencionada, considerando o grau de endogamia dos materiais em estudo (F). As seguintes relações foram consideradas para fins de estimação de parâmetros:

$$\sigma^2_{AB} = \frac{1+F}{4} \sigma^2_{A12}$$

$$\sigma^2_{BA} = \frac{1+F}{4} \sigma^2_{A21}$$

$$\sigma^2_{AC} = \frac{1+F}{4} \sigma^2_{A13}$$

$$\sigma^2_{CA} = \frac{1+F}{4} \sigma^2_{A31}$$

$$\sigma^2_{BC} = \frac{1+F}{4} \sigma^2_{A23}$$

$$\sigma^2_{CB} = \frac{1+F}{4} \sigma^2_{A32},$$

sendo $F = \frac{3}{4}$, o coeficiente de endogamia das progênes S_2 .

As variâncias σ^2_{A12} , σ^2_{A21} , σ^2_{A13} , σ^2_{A31} , σ^2_{A23} , σ^2_{A32} , são homólogas da variância aditiva intrapopulacional. As variâncias aditivas que se expressam nos híbridos interpopulacionais são definidas, segundo Miranda Filho (1982), por:

$$\text{Híbrido A x B : } \sigma^2_{A(12)} = \frac{1}{2} [\sigma^2_{A12} + \sigma^2_{A21}]$$

$$\text{Híbrido A x C : } \sigma^2_{A(13)} = \frac{1}{2} [\sigma^2_{A13} + \sigma^2_{A31}]$$

$$\text{Híbrido B x C : } \sigma^2_{A(23)} = \frac{1}{2} [\sigma^2_{A23} + \sigma^2_{A32}]$$

3.3.2 – Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC)

Para avaliar os efeitos dos testadores nas linhagens S_2 de cada população, foi calculada a CGC de cada testador, a partir de seus cruzamentos. Para tal, foi montado uma tabela auxiliar (tabela 5):

Tabela 5. Esquema das médias dos cruzamentos topcrosses para a caráter X entre 50 linhagens S₂ e 2 populações testadoras, adaptado de Venkovsky & Barriga (1992).

Linhagens i	Testadores J		Y _i	$\bar{Y}_i$
	1	2		
1	X _{1'1}	X _{1'2}	T _{1.}	T _{1.} /2
2	X _{2'1}	X _{2'2}	T _{2.}	T _{2.} /2
3	X _{3'1}	X _{3'2}	T _{3.}	T _{3.} /2
.				
48	X _{48'1}	X _{48'2}	T _{48.}	T _{48.} /2
49	X _{49'1}	X _{49'2}	T _{49.}	T _{49.} /2
50	X _{50'1}	X _{50'2}	T _{50.}	T _{50.} /2
Y _j	T _{.1}	T _{.2}		
$\bar{Y}_{.j}$	T _{.1} /50	T _{.2} /50		$\bar{X}_{..}$

O modelo adequado para estas médias da tabela 5 é:

$$Y_{ij} = m + l_i + t_j + (lt_{ij}) + \bar{e}_{ij}$$

Onde:

i = 1,2,3,...,50;

j = 1,2;

l_i = efeito genotípico da linhagem i;

t_j = efeito genotípico geral do testador j;

lt_{ij} = efeito genotípico específico inerente ao cruzamento ij;

$\bar{e}_{ij}$ = erro médio entre os topcrosses.

A CGC dos testadores pode então ser estimada pela fórmula:

$$\hat{t}_j = T.j/2 - \bar{x}$$

Baseado na tabela 3, pode ser calculada a seguinte análise complementar de variância:

Tabela 6. Análise complementar da variância das médias dos topcrosses agrupados por linhagens S₂ parentais.

F. V.	GL	QM
Testadores (T)	1	Q1
Linhagens	49	Q2
T X L	49	Q3
Erro	49	Qm
Linhagens/T1	49	Q5
Linhagens/T2	49	Q6

Através do valor de F, verifica-se se há diferença entre os testadores, dentro das linhagens S₂.

Foi calculado também, a capacidade geral de combinação da linhagem i com os testadores j, através da fórmula:

$$\hat{l}_i = \bar{Y}_{i.} - \bar{x}$$

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Progênes S₁ e irmãos germanos

4.1.1 - Valores médios e distribuição observada

As médias das progênes de irmãos germanos (IG) e progênes S₁, bem como das testemunhas são apresentadas na tabela 7 para os dois locais (Piracicaba –P e Rio Verde – RV) e para os três caracteres avaliados: peso de espigas corrigido (PEc), altura da planta (AP) e altura da espiga (AE). O efeito de ambientes foi relativamente pronunciado, sendo que as médias referentes a Piracicaba apresentaram uma superioridade dos valores médios para todos caracteres. As progênes S₁ da população CMS 14C apresentaram as maiores médias para produção de espigas em ambos locais (2,66 Kg/parc – P e 1,73 Kg/parc – RV). O caráter PEc apresentou valores próximos da testemunha nas progênes de IG, sendo superior para as progênes das populações CMS 23 em Piracicaba – SP (3,23 Kg/parc IG – 2,76 Kg/parc – T), e BR 5026, em ambos locais, (2,39 Kg/parc – P, 3,74 Kg/parc – RV) sugerindo que as populações em estudo apresentam consideráveis características produtivas. Para AP e AE, as maiores médias foram apresentadas pelas progênes do BR 5026, tanto para IG como para S₁, e em ambos locais. Os valores médios encontrados para a variedade BR5026 (S₀) foram mais elevados em Piracicaba, do que os apresentados por Lemos et al. (1995) que, estudando a variedade BR 5026, encontraram valores médios para AP e AE de 227,0 e 123,0 cm, respectivamente. As progênes da população CMS 23 apresentaram os menores valores para AP e AE em ambas situações. Em todas as populações foram observadas diminuições nas médias das progênes S₁ de todos os caracteres avaliados, quando

comparadas com as famílias de irmãos germanos, sugerindo consideráveis efeitos de endogamia.

A tabela 8 apresenta as médias dos caracteres peso de grãos corrigido (PGc), avaliação para resistência a lagarta do cartucho aos 7 dias e aos 14 dias após a infestação artificial (RL1 e RL2, respectivamente), comprimento médio da espiga (CE), diâmetro médio da espiga (DE), quebramento (QUE), acamamento (AC) e estande (EST), para os experimentos com progênes S_1 instalados em Piracicaba – SP. A população CMS 14C apresentou média superior para PGc (2,04 Kg/parc), porém, se for considerado os valores médios obtidos para a testemunha (3,07 Kg/parc), estes superaram consideravelmente a média das progênes S_1 da referida população, em uma amplitude maior que dos outros materiais em estudo.

O caráter DE apresentou média superior para a variedade BR 5026 (17,04 cm), sendo que para as demais populações, os valores obtidos foram muito próximos (16,59cm – CMS 14C e 16,43cm – CMS 23). Santos e Miranda Filho (1992) apresentaram valores muito próximos nas populações ESALQ PB1 (16,2 cm) e ESALQ PB1 x Entrelaçado (17,2 cm). Para o caráter DE, a maior média foi apontada pelas linhagens CMS 14C (4,74 cm), e o menor valor para as linhagens CMS 23 (4,23 cm). Estes valores são superiores aos apresentados por Miranda Filho (1992) para 15 populações exóticas (4,15 cm) e inferiores a média do ESALQ PB1 (4,8 cm), apontada pelo mesmo autor. Em todas as populações, as linhagens S_1 apresentaram médias inferiores às encontradas para S_0 e testemunha.

Em relação aos caracteres RL1 e RL2, as progênes da população CMS 14C apresentaram as maiores médias (2,23 – S_1 -RL1, 2,31 – RL2) quando comparadas com as das demais populações, e as progênes da população CMS 23 apresentaram os menores valores (1,71 – RL1, 1,68 – RL2), sendo, nesta fase inicial, considerada a menos danificada pelo ataque da praga simulado pela infestação artificial. Observando os valores médios obtidos para as populações originais (S_0) e testemunha suscetível (T), e comparando-os com os das progênes S_1 , verifica-se que as médias das últimas são intermediárias às de S_0 e T, com exceção do caráter RL1 na população CMS 23, cujo valor foi inferior ao de S_0 . Tais desempenhos realçam a aptidão destes materiais como

resistentes a lagarta do cartucho, considerando ainda que, pela comparação das médias entre S_0 e S_1 , o efeito da endogamia foi pouco pronunciado. Ainda considerando estes caracteres (RL1 e RL2), a testemunha suscetível apresentou as maiores notas de danos em todos os experimentos, confirmando, de certa forma, a eficiência do método de infestação artificial. Boiça Jr et al. (1993) estudou estes mesmos caracteres em 24 genótipos de milho, utilizando a mesma escala de notas, porém sob infestação natural, apresentando valores médios oscilando entre 0,41 – 1,41 para RL1 e 0,55 – 1,38 para RL2. A infestação natural superestima a resistência dos materiais devido principalmente a dois fatores, quais sejam: a pseudoresistência, podendo ser nesse caso, definida como escape, e a antixenose -, na qual as plantas resistentes são evitadas pelo inseto (Painter, 1951).

Nas tabelas 9 e 10 são apresentados as amplitudes, desvios padrão da média (s) e coeficiente de variação experimental (CVe) dos caracteres avaliados para as progênies de IG e S_1 (Rio Verde – GO) e S_1 (Piracicaba – SP). As progênies S_1 mais vigorosas das populações em estudo, apresentaram produções similares à sua respectiva população não endógama, sendo que, na variedade BR 5026, algumas progênies S_1 , superaram as de IG em Rio Verde. Contudo, algumas progênies S_1 apresentaram valores mínimos para produção relativamente inferiores aos encontrados para IG. Dados semelhantes foram obtidos para o caráter PEc em Piracicaba, porém, nenhum foi superior aos anotados para S_0 . As progênies S_1 da variedade BR 5026 apresentaram os maiores valores para AP e AE (241,08 e 147,71 cm, respectivamente) em ambos locais, seguida pelas progênies S_1 da população CMS 14C e CMS 23, nesta ordem.

Os caracteres RL1 e RL2 apresentaram uma grande diferença entre valor máximo e mínimo em todas populações, indicando uma grande variabilidade genética para resistência a lagarta do cartucho e uma situação favorável para a seleção. Algumas progênies apresentaram notas relativamente mais baixas (1,00) que a população original, (1,47) sendo no presente estudo considerada como a testemunha resistente, em ambas avaliações. As progênies da população CMS 14C apresentaram valores máximos (4,42 – 4,25) mais elevados que os anotados para a testemunha suscetível (2,19 – 2,92), quando comparados com as demais populações. Com exceção desta última, os valores máximos

encontrados para as progênies das populações CMS 23 e BR 5026 se mantiveram em patamares próximos aos da testemunha suscetível.

Os caracteres CE e DE também apresentaram uma considerável amplitude (11,20 – 20,60 cm para DE e 3,20 – 5,50 cm para DE), contudo os valores de médias encontrados para ambos se situaram próximos aos encontrados para S_0 .

O caráter NE foi avaliado para dar uma noção da contribuição real de espigas para a produção, considerando que PE_c e PG_c são corrigidos para estande ideal. Além disso, tal caráter permite fazer inferências sobre o vigor das progênies em estudo. Os valores médios para NE foram similares aos apontados para S_0 , contudo, algumas progênies S_1 apresentaram valores mínimos muito baixos (3,0 – CMS 14C, 3,9 BR 5026 e 4,5 CMS 23).

4.1.2 – Depressão por endogamia

As tabelas 11 e 12 apresentam os dados para depressão causada pela endogamia estimados nos ensaios com progênies S_1 em Rio Verde (RV) e Piracicaba (P). A depressão média por endogamia variou em função da população, do ambiente de avaliação, e sobretudo, da natureza do caráter em estudo. O caráter PE_c apresentou uma depressão estimada na ordem de 30%, sendo o maior valor encontrado nas linhagens de BR 5026 em ambos locais (40,88% - P e 29,73% - RV), e a menor estimativa para as linhagens da população CMS 14C (27,59%). Estes valores são considerados adequados quando comparados aos obtidos por Terasawa (1993). Em relação a AP, os ensaios de P apresentaram valores na ordem de 8% de depressão causada pela endogamia, diferindo dos realizados em RV, que apresentaram valores de 14,19% (CMS 14C) a 15,28% (CMS 23). Para o caráter AE foi observada uma depressão menor de 8,73% nas linhagens de BR 5026 em Piracicaba, e uma depressão máxima de 20,12% nas linhagens da população CMS 23, no mesmo local. Nos ensaios em RV, as estimativas apresentaram pouca variação entre as linhagens das diferentes populações, sendo a menor de 16,71% para CMS 14C e a maior de 17,57% para BR 5026. Estes valores são divergentes das médias de depressão por endogamia para AP (22,91%) e AE (15,62%)

relatados por Hallauer & Miranda Filho (1988), porém dentro do intervalo apresentado por Lima et al. (1984), de 6,6% a 20,3% para AP e, de 6,9% a 27,4% para AE, com exceção das linhagens S_1 da população CMS 23 para o caráter AP. O caráter PGc apresentou estimativas semelhantes às apontadas para PEc, mantendo as linhagens do BR 5026 com a maior estimativa (42,68%) e as da população CMS 14C com a menor (32,73%).

Os caracteres CE e DE apresentaram uma depressão endogâmica na ordem de 12,64 – 15,70% e 8,00 a 9,39%, respectivamente, sendo que em ambos caracteres, os efeitos de endogamia foram mais pronunciados na variedade BR 5026, e menores para CMS 23.

Os caracteres RL1 e RL2 apresentaram grandes oscilações para depressão em S_1 . Os maiores valores foram encontrados nas linhagens CMS 14C (21,77% - RL1) e CMS 23 (18,79% - RL2) e os menores valores foram para as linhagens de BR 5026 (10,95% - RL1 e 0,57% - RL2). As divergências nas estimativas de RL1 e RL2 dentro da mesma população se deve principalmente à resposta diferencial das plantas aos danos da lagarta do cartucho. Há uma diferença de 7 dias entre as avaliações, e neste intervalo, as plantas mais suscetíveis tendem a aumentar a média das notas da avaliação, bem como as mais resistentes diminuem as mesmas. Ainda considerando estes caracteres, os valores positivos estimados para depressão por endogamia pode ser explicada por dois fatores: valores superiores a média populacional encontrado nas linhagens para algumas plantas S_0 das quais se extraíram as progênies e por segregação de plantas não endógamas heterozigotas (S_0), resultando em progênies S_1 que concentrem fatores dominantes positivos para a expressão do caráter.

4.1.3 – Análises de variância agrupadas por população

Os resultados das análises de variância referentes aos caracteres avaliados, em todas as populações, são apresentados nas tabelas 13 (RV) e 14 (P), juntamente com seus respectivos coeficientes de variação experimental (CVe%), agrupadas por população e por local.

Para todos os caracteres avaliados em RV e P foram encontradas diferenças altamente significativas ao nível de 1% de probabilidade entre as progênes S₁ e de IG, para todas as populações, indicando a presença de suficiente variabilidade genética para obtenção de progressos com a seleção. As exceções encontradas foram para os caracteres RL1 e RL2 das linhagens S₁ de BR 5026, no local P, nos quais, a variação foi não significativa. Observando os valores obtidos para os quadrados médios do erro, nota-se que estes não são discrepantes dos apontados por outras populações, porém o quadrado médio das linhagens (tratamentos) apresenta uma estimativa muito baixa, que pode ser explicada por dois fatores: pouca amplitude dos dados, fazendo com que os desvios fiquem muito próximos da média, diminuindo o valor da somatória dos desvios de tratamentos em torno do valor médio e, uma expressão estável da característica, já que a média encontrada possui um valor interessante em relação ao ataque da lagarta do cartucho, sugerindo que a resistência pode ser controlada por poucos genes e ainda, com efeitos de dominância para as progênes S₁ oriundas desta população.

Pode-se observar pela tabela 13 que os CVe para as progênes autofecundadas apresentaram estimativas superiores às suas correspondentes S₀ para todos os caracteres avaliados. A elevação do CVe nas linhagens provavelmente foi motivada pela menor média observada devido à depressão endogâmica e, em alguns casos, pelo aumento das estimativas dos quadrados médios do resíduo, devido principalmente a uma maior sensibilidade dos indivíduos endogâmicos às variações ambientais (Falconer, 1964).

Comparando os caracteres PEc, AP e AE das progênes S₁ dos dois locais (tabela 07 e 08), nota-se que para PEc, o CVe foi maior para RV (16,49%), enquanto que para AP e AE, esta estimativa foi maior no local P (7,87 e 13,07%, respectivamente). Pode-se afirmar que há uma maior precisão no ambiente em que o CVe é menor, contudo, não há grandes discrepâncias nos valores encontrados, e os mesmos são consistentes com os apresentados em trabalhos semelhantes (González et al., 1994), indicando portanto, uma satisfatória precisão dos ensaios.

As estimativas mais altas do CVe foram apontadas pelas características RL1 e RL2, oscilando em torno de 30%. Lemos et al. (1990) e González et al. (1994) em experimentos sob infestação natural encontraram CVe entre 15,60 e 16,36% para

progênes de meios irmãos. Borça Jr et al. (1993) e Osuna et al. (1995) apresentaram Cve de 49,96% e 42,15% em ensaios semelhantes, avaliando os mesmos caracteres, sendo que o último autor realizou a infestação artificial. Bergvinson³ (1998) relatou que Cve em torno de 30% são normais para avaliações de resistência através de escala de notas e sob infestação artificial.

4.1.4 – Análise de variância conjunta para locais

Os resultados relativos às análises conjuntas dos dois locais, Piracicaba e Rio Verde, estão condensados na tabela 15 para o caráter PEc. Foram detectadas diferenças altamente significativas (1%) para o efeito de locais e linhagens, com exceção de BR 5026, que apresentou efeitos não significativos para progênes.

Em relação a interação Linhagens x Locais, as progênes da população CMS 14C apresentaram efeitos altamente significativos, sugerindo que as linhagens mais produtivas em Rio Verde são diferentes das mais produtivas em Piracicaba, dificultando a seleção. Para as linhagens das demais populações, as interações mostraram-se não significativas. Este fato indica uma certa facilidade na seleção, podendo um mesmo material ser indicado para as duas localidades.

4.1.5 – Parâmetros genético-estatísticos

As estimativas variância genética entre progênes (σ^2_G) e variância genética aditiva (σ^2_A) para os caracteres PEc, AP e AE, obtidas ao nível de médias através de análises agrupadas por população são apresentadas nas tabelas 16 e 17. Esses parâmetros genéticos foram estimados com base nas análises de variância agrupadas por população.

De uma maneira geral, as estimativas de σ^2_G e σ^2_A foram maiores em Rio Verde, devido principalmente às menores estimativas de quadrados médios residuais observados no referido local, em relação a Piracicaba.

³ David Bergvinson: Advanced Maize Improvement Course

Analisando as estimativas das variâncias aditivas intrapopulacionais, observou-se que estas foram superiores para a população CMS 14C nas progênes S_1 de P, seguida pela variedade BR 5026 e CMS 23, excluindo as progênes de IG, cujo maior valor foi constatado para BR 5026, e o menor para CMS 23. Em RV, todas as estimativas de variância foram superiores nas progênes S_1 para PEc.

Para o caráter AP e AE, as estimativas de σ^2_G e σ^2_A são superiores nas linhagens S_1 de Rio Verde, com exceção de BR 5026, ressaltando a afirmação anterior de que os efeitos ambientais foram mais pronunciados em Piracicaba. Nestes caracteres foram observadas que as linhagens S_1 apresentaram estimativas de σ^2_G superiores às suas correspondentes IG em todas as populações. Esses resultados concordam com Falconer (1964) que ressalta que a endogamia conduz a um aumento de σ^2_G . Para os IG, a população CMS 23 apresentou as maiores estimativas de σ^2_G e σ^2_A para AP, (184,03 e 368,07 cm^2 , respectivamente) e a variedade BR 5026 para AE (77,32 e 154,63 cm^2). Esta variedade também apresentou estimativas superiores para as progênes S_1 de ambos locais.

Em relação aos demais caracteres avaliados, as estimativas de σ^2_G e σ^2_A foram superiores para as linhagens da população CMS 14C, excluindo DE, para o qual, a População CMS 23 apresentou as maiores estimativas.

A avaliação de resistência representada por RL1 e RL2, foi realizada baseada em uma escala de notas que quantifica a resposta da planta ao ataque do inseto. Essa resposta corresponde a um conjunto de fatores, que podem ser morfológicos, químicos ou físicos. Sendo assim, os caracteres RL1 e RL2 envolvem a ação conjunta de vários mecanismos, que provavelmente apresentam controles genéticos diferentes. As estimativas, portanto, não se referem a um caráter apenas, mas provavelmente a vários deles, que interagindo, condicionam a resistência. A escala de notas adotada para quantificação da resistência teve o objetivo de suavizar essas diferenças, avaliando a resposta da planta ao ataque do inseto, de uma maneira geral. Para esses caracteres, a população CMS 14C apresentou as maiores estimativas ($\sigma^2_G = \sigma^2_A = 0,0969$), seguida pela CMS 23 (0,0435). Os valores de σ^2_G e σ^2_A encontrados para BR 5026 (0,0069) são

muito inferiores, sugerindo duas hipóteses: poucos genes controlam o caráter e erros experimentais. Porém, os valores de CVe foram praticamente uniformes, e os estimados para essa população, os menos expressivos. Lemos et al. (1990) encontraram estimativas de σ^2_A e σ^2_G na ordem de 0,0216 e 0,0054 para progênes de meios irmãos do Composto Dentado, utilizando a mesma escala de notas do presente trabalho, porém sem infestação artificial. Widstrom et al. (1992b) apresentou estimativas de σ^2_G entre linhagens S₁ em 4 ciclos de seleção para resistência a lagarta do cartucho. Os valores oscilaram entre 0,01 (ciclo 1) a 0,24 (ciclo 4).

As estimativas de σ^2_A e h^2_m foram calculadas baseadas nas hipóteses para a relação variância aditiva e variância dominante, sendo alterada para cada caráter, de acordo com os resultados descritos na literatura (Hallauer & Miranda Filho, 1988). Quando considerada igualdade na frequência alélica nas populações em estudo, a variabilidade genética entre as linhagens S₁ restringe-se ao seu componente aditivo (σ^2_A) e dominante (σ^2_D), sendo que os componentes D₁ e D₂, definidos por Cockerham (1983) igualam-se a zero. Porém, a igualdade de frequências alélicas a que se refere esta condição, é exclusiva para gerações F₂ de um cruzamento. Alguns autores afirmaram que as estimativas de D₁ e D₂ não devem ser ignoradas em todas as condições (Coors, 1988; Nass, 1992), sugerindo que muitas vezes, programas de melhoramento genético com progênes endogâmicas não apresentam incrementos significativos das médias entre os ciclos de seleção, devido ao elevado e negativo valor do componente D₁. Contudo, as estimativas de σ^2_A e σ^2_G apresentadas para as populações em estudo, fornecem uma idéia do nível de variabilidade genética explorável na seleção

Nas tabelas 18 e 19 encontram-se condensadas as estimativas para herdabilidade ao nível de médias (h^2_m), coeficiente de variação genético (CVg) e o índice de variação genético (b) obtidas por população e por local. As estimativas de herdabilidade de um caráter métrico expressa a proporção da variância total que é atribuída aos efeitos médios dos genes, ou seja, o grau de divergência entre as linhagens. De acordo com os dados obtidos, foi observado estimativas de herdabilidade superiores em Rio Verde, excluindo-se apenas a estimativa para PEc na população CMS 14C, que foi superior em

Piracicaba. Tal fato, como já foi relatado anteriormente, é devido às maiores estimativas de σ^2_G encontradas nesse local, em relação a Piracicaba.

Na localidade de Rio Verde, as linhagens S_1 de BR 5026 apresentaram a maior estimativa de herdabilidade para PEc (0,5431), e a população CMS 23, a menor (0,2506). Para as progênies de IG, a situação é diferente. A maior estimativa foi apontada pela população CMS 14C (0,3198), seguida pela da variedade BR 5026 (0,2477). Comparando as progênies S_1 das diferentes populações em ambos locais, observa-se valores de h^2_m muito próximos para as populações CMS 14C e CMS 23, e divergentes para BR 5026. Estes resultados estão de acordo com os obtidos para Santos & Miranda Filho (1991) em populações segregantes de milho, onde a h^2_m oscilou entre 0,237 a 0,562, para esta mesma característica.

Em relação aos caracteres AP e AE, houve uma grande divergência entre as estimativas de h^2_m , para as progênies de Rio Verde e Piracicaba, ressaltando mais uma vez, a influência da estimativa da variância ambiental. Dentre as progênies de IG de Rio Verde, as da população CMS 23 apresentaram a maior estimativa (0,6567 – AP e 0,5613 – AE). Nas progênies S_1 de Rio Verde, os valores oscilaram entre 0,5391 (CMS 14C) – 0,6296 (BR 5026) para AP e 0,5387 (CMS 14C) - 0,5992 (CMS 23). Em Piracicaba, as estimativas tiveram diferentes magnitudes, oscilando entre 0,1597 (CMS 14C) – 0,3520 (CMS 23) e 0,1353 (CMS 14C) – 0,2905 (BR 5026), para AP e AE, respectivamente. Como foi mostrado, as linhagens da população CMS 14C apresentaram as menores estimativas para ambos caracteres. Os resultados apresentados divergem dos encontrados por Terasawa (1993) que obteve estimativas de h^2_m de 0,675 – 0,882 para AP e 0,607 – 0,846 para AE, nas progênies S_1 das populações ESALQ PB2 e ESALQ PB3, respectivamente. Porém, as linhagens dos experimentos instalados em Rio Verde apresentam estimativas semelhantes às encontradas por Faria Neto (1995) para as linhagens da população ESALQ PB1 em ensaios conduzidos no mesmo local (0,6499 para AP, com oscilações de 0,3356 a 0,8560 e 0,5730 para AE, com oscilações de 0,4828 a 0,7914). González et al. (1994) também encontrou divergências entre progênies de meios irmãos do Composto Dentado, que apresentou estimativas baixas de h^2_m para

AP e AE (0,093 e 0,0738), porém no ano seguinte, estas estimativas apresentaram grandes incrementos (0,4065 – AP e 0,5615 – AE).

Os caracteres de resistência RL1 e RL2 apresentaram baixas estimativas de herdabilidade, sendo que comparativamente entre as populações, a maior estimativa foi apontada pelas linhagens da população CMS 14C (0,178 – RL1), e a mais baixa, pelas da BR 5026 (0,028 – RL2). Em RL2 houve uma diminuição nos valores das estimativas para as populações CMS 14C e CMS 23, em torno de 5%. Lemos et al. (1990) e González (1994) apresentaram estimativas de h^2_m semelhantes às relatadas para BR 5026 (0,033 e 0,027). Widstrom et al. (1992) comparando ciclos de seleção para a resistência a lagarta do cartucho, encontraram estimativas herdabilidade de 0,12 (ciclo 1) a 0,77 (ciclo 4). Osuna et al. (1995) estimaram h^2_m em 0,2919, um valor relativamente alto para o caráter. Contudo, nos experimentos dos autores anteriormente citados, ocorreram diferenças na conduta experimental quando comparados ao presente trabalho, principalmente em relação à escala de notas e infestação artificial. Tais fatos tem que ser considerados na comparação das estimativas.

As estimativas de h^2_m para CE foram mais elevadas para as linhagens da população CMS 14C (0,6593) e mais baixas para as linhagens da variedade BR 5026 (0,5266). Estes valores são superiores aos relatados por Santos & Miranda Filho (1992), que, em populações segregantes encontraram estimativas de h^2_m entre 0,357 a 0,444.

O caráter DE apresentou estimativa de h^2_m superior na variedade BR 5026 (0,4290), porém muito próxima à encontrada na população CMS 23 (0,4220).

A influência da média sobre a magnitude da variabilidade genética torna relativamente difícil a comparação direta das estimativas de variância obtidas sob diferentes condições ambientais, e das estimativas derivadas das mesmas. Para fins comparativos de um mesmo tipo de progênie, é mais adequado a utilização do coeficiente de variação genético (CVg) que indica a quantidade de variação genética existente entre progênies, em relação à média populacional, e é utilizado como um indicador do potencial genético de populações (Lima & Paterniani, 1977; Zimback, 1985; Silveira et al., 1991). Porém, segundo Vencovsky (1978) este indicador é limitado para a comparação de diferentes populações por depender da média do caráter,

sugerindo a utilização do índice de variação genético (b), o qual expressa a proporção da variação genética em relação à variação ambiental, além de eliminar a influência da média populacional nas comparações entre diferentes populações. Ainda segundo o autor, quando este índice atinge valores próximos ou maiores que 1,0, os materiais genéticos avaliados apresentam uma situação muito favorável para a seleção.

Comparando estas estimativas entre as linhagens S_1 das diferentes populações em ambos locais, nota-se que as estimativas, tanto de CVg e b são superiores nos materiais de Rio Verde, com exceção para PEc das linhagens S_1 da população CMS 14C de Piracicaba, que apresentou índice de variação genético ligeiramente superior, porém o CVg das mesmas linhagens foi inferior ao encontrado em Rio Verde, sendo esta a única divergência entre estas estimativas. Nas progênies de IG, o CVg para PEc foi superior para CMS 14C (10,81%), enquanto que o índice b foi superior para CMS 23 (0,71). Para os S_1 's, o maior valor de CVg e índice b foram encontrados em BR 5026 (18,80% e 1,11, respectivamente). Estes valores estimados para CVg e b são, de maneira geral, superiores aos relatados por Faria Neto (1995) em linhagens de populações derivadas da ESALQ PB1 (5,52% – CVg e 0,45 – b) e relativamente próximos aos encontrados por Terasawa (1993) para CVg (14,7 e 15,2% para linhagens S_1 das populações ESALQ PB3 e ESALQ PB2, respectivamente).

Para os caracteres de resistência, foram observados estimativas de CVg e b interessantes para o melhoramento dessas populações, sendo que as linhagens da população CMS 14C apresentaram as estimativas mais elevadas para CVg 13,94% – RL1 e 11,06% – RL2) e a variedade BR 5026, as mais baixas (4,77% – RL1 e 5,64% – RL2). Para o índice b , há uma superioridade na estimativa de RL1 para a população CMS 23 (0,54), porém, em RL2, a população CMS 14C apresenta novamente o maior valor para b (0,38). Lemos et al. (1990) e Gonzalez et al. (1994) estimaram coeficientes de variação genético de 2,72% e 2,44% para progênies de meios irmãos do Composto Dentado, e os primeiros autores encontraram ainda, estimativas para b de 0,174. Osuna et al. (1995) analisando progênies de meios irmãos do Composto Flint, encontrou estimativas para CVg de 5,50%. Comparando as estimativas obtidas com as encontradas

na literatura, observou-se que, as populações apresentam uma variabilidade genética satisfatória para os caracteres RL1 e RL2, tanto em relação ao CVg como para b.

Para CE, o Cvg apresentou valor superior para as linhagens da população CMS 14C (19,81%), sendo que, o valor mais baixo encontrado foi para BR 5026 (14,59%). O índice b acompanhou a ordem de magnitude do CVg, atingindo o valor máximo nas linhagens da população CMS 14C (3,12). Em relação a DE, o maior Cvg encontrado foi para a população CMS 23 (12,86%) e o maior índice de variação genético para as linhagens de BR 5026 (1,95).

4.1.6 – Progressos esperados com a seleção

As tabelas 20 e 21 reúnem as estimativas de progressos esperados com a seleção (GS%), para os caracteres avaliados nas progênes S₁ e IG nas diferentes localidades.

As estimativas de GS% foram superiores nas progênes S₁ de Rio Verde para o caráter PEc, sugerindo que nessa localidade, o progresso com a seleção para o caráter em questão, seria favorecido. Ainda considerando esta localidade e as linhagens S₁, a variedade BR 5026 apresentou a maior estimativa de GS% (19,39), contrastando com Piracicaba, que apontou a população CMS 14C com a maior estimativa (11,14%). Com exceção do caráter AE, as progênes de IG apresentaram, de maneira geral, estimativas inferiores às encontradas para as S₁'s no mesmo local. As estimativas para GS% são semelhantes às obtidas por Santos & Miranda Filho (1992), porém com populações segregantes e superiores às estimativas de GS% apresentadas por Terasawa (1993), com populações melhoradas.

Para AP, as linhagens S₁ de população CMS 14C apresentaram GS% superior em Rio Verde (10,63%), porém obtiveram o menor GS% em Piracicaba (1,93%). Nesta última localidade, as linhagens da população CMS 23 apresentaram a maior estimativa (5,47%). Entre as progênes IG, a população CMS 23 apresentou a maior estimativa (9,14%) e a CMS 14C, a mais baixa (5,19%).

As maiores estimativas para GS% para AE foram apresentadas pela progênes de IG da população CMS 23 (11,84%). Entre as linhagens S₁ de Rio Verde e Piracicaba, a

variedade BR 5026 se destacou com o maior progresso esperado (9,53% - Rio Verde e 7,72% - Piracicaba) e as linhagens da população CMS 14C apresentaram a menor estimativa de GS% em ambos locais (6,45% - Rio Verde e 2,95% - Piracicaba).

Para os caracteres RL1 e RL2, as estimativas de GS% foram superiores nas linhagens da população CMS 14C (8,28% - RL1 e 5,54% - RL2), e comparativamente, muito inferiores nas da BR 5026 (1,12% - RL1 e 1,63% - RL2). Tais dados indicam que a seleção ao nível de 20% acarretaria em poucos ganhos à média das linhagens selecionadas da variedade BR 5026.

Em relação ao caráter CE, a maior estimativa de GS% foi apresentada pelas linhagens da população CMS 14C (22,52%), e o menor ganho esperado para esta característica foi encontrado nas linhagens da variedade BR 5026 (14,82%). Para DE, o maior valor para GS% foi apresentado pelas linhagens da população CMS 23 (11,70%) e o menor valor para a população CMS 14C (3,88%).

De maneira geral, considerando todos os GS% estimados, a população CMS 14C parece ser a mais indicada para um programa de melhoramento com 20% de seleção, considerando os caracteres PEc, PGc, AP, AE, RL1 e RL2.

4.2 “Topcrosses”

4.2.1 – Valores médios e amplitudes dos valores observados

As médias referentes aos “topcrosses” recíprocos são apresentados na tabela 22 para todos caracteres avaliados. Foram discutidos os resultados obtidos para peso de espigas corrigido (PEc), avaliação de danos causados pela lagarta do cartucho 7e 14 dias após a infestação artificial (RL1 e RL2), altura da planta (AP) e altura da espiga (AE).

Analisando o caráter PEc entre os recíprocos, notou-se que entre os grupos CMS 14C (1) – CMS 23 (2) e CMS 23 (2) – BR 5026 (3) não há grandes diferenças, porém observando o grupo CMS 14C (1) – BR 5026 (3), verifica-se que há uma divergência entre T13 e T31, sendo que o primeiro apresentou a média mais baixa entre todos “topcrosses” (2,14 Kg/parc), e o segundo, a mais alta (2,58 Kg/parc). Tal divergência talvez possa ser explicada quando comparada com as médias da população original P_0 e testemunha suscetível (TS). No experimento com T31, tanto P_0 como TS apresentaram médias máximas para PEc, enquanto que para T13, P_{03} apresentou a média mais baixa e TS, a segunda média mais baixa, em relação aos demais experimentos.

Todos os cruzamentos apresentaram médias de produção superiores às da população parental e da testemunha suscetível. Para caracterizar a produção obtida nos topcrosses, foram plantadas 15 linhas adjacentes aos experimentos com o híbrido triplo G 85 produzido pela Novartis Seeds, que apresentou um valor de 2,47 Kg/parc. Comparando os valores para produção obtidos nos topcrosses (PEc) com o do híbrido comercial, observou-se que o T31 apresentou média de produção superior (2,58 Kg/parc), e o T21 obteve média um pouco inferior (2,45 Kg/parc).

Considerando que a amostragem das linhagens S_2 progenitoras dos topcrosses foi realizada de maneira aleatória, espera-se que os cruzamentos avaliados representem a média do híbrido interpopulacional entre os materiais em estudo. Os valores para PEc, considerados relativamente altos, denotam o potencial das populações em estudo para utilização em programas de obtenção de híbridos e/ou de seleção recorrente recíproca.

Apesar do presente trabalho não fornecer estimativas da magnitude da heterose dos cruzamentos entre as populações, evidências indiretas da presença de heterose, em relação ao parental superior podem ser sugeridas, considerando a média de produção dos topcrosses, das populações de origem, da testemunha suscetível e, em segundo plano, do híbrido comercial G85.

Considerando que a amostragem das linhagens S_2 progenitoras dos topcrosses foi realizada de maneira aleatória, espera-se que os cruzamentos avaliados representem a média do híbrido interpopulacional entre os materiais em estudo. Os valores para PEc,

considerados relativamente altos, denotam o potencial das populações em estudo para utilização em programas de obtenção de híbridos e/ou de seleção recorrente recíproca.

Em relação aos caracteres de resistência (RL1 e RL2), ambos apresentaram médias ligeiramente superiores às obtidas pelas populações parentais, porém bem inferiores às da testemunha suscetível e, levando também em consideração a produção superior destes topcrosses, pode-se afirmar que a expressão das características de resistência foram mantidas nos cruzamentos e a produção apresentou incrementos consideráveis. Como já foi abordado anteriormente, os valores obtidos para testemunha suscetível (2,52 – 3,80) denotam uma confiança satisfatória no método de infestação artificial empregado. Para estes caracteres, o T23 apresentou as médias mais baixas (1,55 – RL1 e 1,93 – RL2), e o T13 obteve as médias mais altas (2,23 – RL1 e 2,55 – RL2).

Em relação aos caracteres AP e AE, os topcrosses superaram as populações parentais, com exceção do T13, cujo parental utilizado como testemunha (P₀₃ – BR 5026) apresentou os valores médios mais elevados para os caracteres em questão. Os cruzamentos com as maiores AP e AE foram justamente os que receberam pólen deste parental (T13 com AP = 230,80 cm e AE = 133,20cm; T23 = 235,07 cm e AE = 131,00cm). A pouca divergência existente entre os grupos (T_{xy}) dentro dos conjuntos (T(xy)) concordam com as afirmações de Hallauer & Miranda Filho (1988) de que existe pouca influência do efeito maternal e/ou herança extracromossômica controlando os caracteres altura da planta e altura da espiga.

A tabela 23 apresenta os dados referentes à amplitude (valores mínimo e máximo), desvio padrão da média (s) e coeficiente de variação experimental (C_{Ve}). Observando os valores máximos para P_Ec, foram encontrados médias de produções bem elevadas, acima de 3,0 Kg/parc (T21 – 3,03 Kg; T32 – 3,04 Kg e T31 – 3,50 Kg). Para AP, os valores máximos obtidos oscilaram entre 226,7 – 300,0 cm e para AE, 130,0 – 180,0 cm. Os valores mínimos obtidos para RL1 oscilaram entre 0,43 – 1,60, e os máximos entre 2,70 – 3,17. Para RL2, as oscilações dos valores máximos e mínimos foram de 1,07 – 1,87 (MIN) e 2,97 – 3,53 (MAX).

Os coeficientes de variação experimental foram mais elevados que os encontrados nos experimentos com progênies, variando de 13,12 – 21,11% para PEc, 30,66 – 43,76% para RL1, 27,06 – 33,58% para RL2, 9,03 – 14,09% para AP e 13,33 – 19,08% para AE, mas ainda são condizentes com os encontrados na literatura para todos os caracteres.

4.2.2 – Análises de variância

A tabela 24 apresenta os resultados obtidos das análises de variância referentes aos experimentos com topcrosses por cruzamento, para os caracteres peso de espigas (PEc), avaliações de resistência a lagarta do cartucho aos 7 e 14 dias após a infestação artificial (RL1 e RL2), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espigas (NE).

Para o caráter PEc, diferenças altamente significativas foram encontradas entre os topcrosses T21 e T31, e diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para T32. Para RL1, foram encontradas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para T21, T23 e T32. Em RL2, foram confirmadas as diferenças entre topcrosses para T21 e T32. Para AP e AE, não foram constatadas diferenças significativas em nenhum dos grupos de topcrosses. Para os cruzamentos T13 e T23 foram encontradas estimativas de quadrado médio do erro muito elevadas para a maioria dos caracteres, com exceção de RL1 e RL2. Nos grupos de topcrosses com diferenças significativas para um caráter, pode-se afirmar que os cruzamentos apresentaram desempenhos diferenciais, e essas diferenças são devidas principalmente a variabilidade entre as linhagens S_2 parentais, sendo possível selecioná-las através do comportamento médio dos cruzamentos.

A tabela 25 apresenta os resultados obtidos da análise de variância para os topcrosses das populações CMS 14C, CMS 23 e BR 5026. Nesta análise são confrontados os grupos (Txy), os conjuntos (T12-T21 x T13-T31 x T23-T32) e entre grupos dentro dos conjuntos (Txy x Tyx), além dos parentais e entre parentais.

Foram observados diferenças altamente significativas para os tratamentos, topcrosses, efeito entre grupos, entre conjuntos e entre populações parentais, e diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre grupos dentro de conjuntos, para o caráter PEc. Para RL1 e RL2, diferenças altamente significativas foram apontadas nos tratamentos, topcrosses, entre grupos, entre conjuntos, parentais x topcrosses, e entre populações parentais. Para estas características, o efeito entre grupos dentro de conjuntos não apresentou diferenças significativas.

Na tabela 26 foram agrupados os dados dos topcrosses por população parental das linhagens S₂. Esta análise teve como objetivo principal discriminar os testadores mais adequados para cada situação.

Para as linhagens S₂ da população CMS 14C, foram observadas diferenças altamente significativas entre testadores, e diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para as linhagens dentro do T3 (BR 5026 – P₀), para a característica PEc. Em relação a RL1, RL2 e AP, só foram observadas diferenças altamente significativas para os testadores, contudo, não foram suficientes para discriminá-los dentro das linhagens para estes caracteres. Para AE, além dos testadores com diferenças altamente significativas, as linhagens dentro de T3 apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Para as linhagens S₂ da população CMS 23, os testadores foram altamente significativos para todas as características avaliadas. As linhagens apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para os caracteres RL1 e AE, e as linhagens dentro do T1 (CMS 14C - P₀) apresentaram diferenças significativas para PEc, RL1 e RL2, ao mesmo nível de probabilidade.

Para as linhagens S₂ da variedade BR 5026, foram constatadas diferenças altamente significativas nos testadores para os caracteres PEc, AP e AE, nas linhagens para AE, na interação testadores e linhagens para AE, nas linhagens dentro de T2 (CMS 23 – P₀) para RL1 e AE, e diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade nas linhagens para RL1 e AP, na interação testadores e linhagens para RL1 e RL2, nas linhagens dentro de T1 para PEc e linhagens dentro de T2 para RL2.

Essas análises de variância sumarizadas na tabela 20, mostram que a discriminação entre as linhagens S_2 , depende muito do testador. Analisando o caráter PEc nas linhagens da população CMS 14C, nota-se que o testador T3, por ter apresentado efeitos significativos (0,0821*), discriminou as linhagens cruzadas com o mesmo, enquanto que o testador 1 não (0,0456ns). A mesma situação ocorreu em AE, T3 apresentou efeitos significativos nas linhagens e T1, não.

Da mesma forma, nas linhagens da população CMS 23, o testador T1 apresentou efeitos significativos para PEc (0,0739*), RL1 (0,2782*) e RL2 (0,3562*), fazendo com que as linhagens S_2 em cruzamentos apresentassem uma expressão diferenciada dos genes que controlam esses caracteres. O testador T3 não apresentou efeitos significativos.

Na variedade BR 5026, as linhagens S_2 em cruzamentos apresentaram desempenhos diferenciados com o testador T1 para PEc (0,1300*) e AE (109,75*) e com o testador T2 para RL1 (0,2371**), RL2 (0,2709*) e AE (126,88**).

Em um ciclo de seleção recorrente para capacidade geral de combinação, método proposto por Jenkins (1940) como uma forma de se obter variedades sintéticas superiores, os dados de cada conjunto seriam suficientes para selecionar os melhores genótipos e intercruza-los entre si, obtendo assim, o primeiro ciclo. Segundo Paterniani & Miranda Filho (1987), a seleção recorrente para capacidade geral de combinação conduz à obtenção de populações ou variedades melhoradas, as quais se mostram superiores às originais em diversas formas de avaliação: comportamento das populações “per se”, comportamento das populações em cruzamentos, capacidade geral de combinação das linhagens extraídas das populações melhoradas.

Contudo, apesar de se conhecer os testadores que apresentam efeitos significativos sobre as linhagens, no presente estudo, também foi necessário saber se este efeito foi positivo ou negativo na média dos topcrosses, visto que, o testador utilizado em um grupo de linhagens, representa também a população original de um outro grupo de linhagens e, as informações geradas em desempenhos recíprocos são de fundamental importância para a seleção recorrente recíproca. De tal forma que, com os dados dos topcrosses, pode-se selecionar as melhores linhagens S_2 de cada população, e

baseada nas estimativas dos quadrados médios das linhagens dentro dos testadores, pode-se selecionar os melhores grupos, e/ou conjuntos de linhagens e testadores, baseado nos efeitos significativos dos últimos nas linhagens dos cruzamentos T_{xy} . Além disso, no esquema de seleção anteriormente mencionado, torna-se necessária o conhecimento da forma dos efeitos dos testadores nas linhagens, ou seja, se o testador contribui para aumentar o desempenho das linhagens, ou se o testador diminui este desempenho, limitando a expressão do caráter em estudo. No caso de dois testadores que apresentam efeitos significativos, e ambos contribuem no desempenho das progênes em cruzamentos, resta saber qual maximiza a expressão gênica do caráter em estudo. Estes dados adquiridos permitem selecionar duas populações, que podem ser utilizadas tanto em esquemas de seleção recorrente para capacidade geral de combinação SRCGC, como para seleção recorrente recíproca (SRR), considerando que, dentre os vários esquemas de seleção recorrente, a seleção recorrente recíproca se constitui no mais apropriado para a integração com programas de obtenção de híbridos, considerando que a seleção é efetuada sobre o desempenho dos híbridos interpopulacionais.

4.2.3 – Capacidade Geral de Combinação (CGC)

4.2.3.1 – Testadores

A tabela 21 apresenta as estimativas para capacidade geral de combinação (CGC) para os testadores, bem como, os níveis de confiança pelo teste F.

Observando os dados apresentados, notou-se que o testador T1 (CMS 14C - P_0) apresenta as maiores estimativas significativas de CGC para os caracteres PE_c, RL1 e RL2 no cruzamento com as linhagens 2 (CMS 23 - S_2) e para os caracteres PE_c e AE no cruzamento com as linhagens 3 (BR 5026 - S_2). O testador T2 (CMS 23 - P_0) apresentou valores significativos de CGC somente no cruzamento com as linhagens 3 para os caracteres RL1, RL2 e AE. O testador T3 (BR 5026 - P_0) apresentou estimativas significativas de CGC somente com as linhagens 1 (CMS 14C - S_2) para os caracteres PE_c e AE.

Considerando-se os dados apresentados, observou-se que para PEc, o testador T3 apresentou efeitos significativos nas linhagens CMS 14C, porém, a estimativa da CGC do testador mostrou-se negativa (-0,1072), de tal forma que, este testador discrimina as linhagens da referida população, porém não contribui para aumentar a média das linhagens em cruzamentos. Por este motivo, os T13 podem ser utilizados para selecionar os melhores genótipos S₂, mas não para associar as duas populações em questão (CMS 14C e BR 5026) para esquemas de SRR. Nos cruzamentos T21 e T31, os efeitos da CGC do testador foram positivos e significativos para PEc, sendo o T1 (CMS 14C – P₀) indicado para discriminar as linhagens das populações CMS 23 e BR 5026, bem como, para a associação das populações em SRR. Observando as estimativas da CGC, concomitantemente com as médias de T21 e T31, nota-se que T31, além da maior estimativa, obteve também a maior média dos grupos de cruzamentos. Sendo assim, as populações BR 5026 e CMS 14C podem ser consideradas mais promissoras para a SRR.

Similarmente, o caráter AE apresentou este mesmo comportamento de PEC, entre as linhagens CMS 14Ce o testador 3. A estimativa de CGC para AE foi de 11,5666, ou seja, o testador T3 contribui para aumentar a AE das linhagens em cruzamentos, o que não é desejável. Porém, o testador possibilita a seleção das melhores linhagens em cruzamento para este caráter. Para os topcrosses T31 e T32 ocorreu uma situação interessante. Ambos apresentam efeitos médios significativos nas linhagens, porém o testador T1 com efeitos positivos, e o testador T2 com efeitos negativos (1,40 e -1,40, respectivamente). Como nos programas de melhoramento visa-se uma diminuição no porte da planta, e principalmente da altura da espiga, a associação entre as populações BR 5026 e CMS 23 pode ser considerada promissora em esquemas de SRR para este caráter.

Em relação aos caracteres RL1 e RL2, as estimativas de CGC foram consideradas significativas para os cruzamentos T21 e T32, viabilizando a seleção das melhores linhagens. Porém, sendo positivos, os efeitos médios do testador aumentaram a média das notas da avaliação de danos nos cruzamentos, ou seja, diminuíram relativamente a resistência das linhagens. Este é um caso que requer extrema atenção do melhorista, pois apesar dos efeitos não desejados do testador, apontado pelas

estimativas, os cruzamentos T21 e T32 apresentaram médias relativamente baixas para os caracteres de resistência e, tal fato, não descarta totalmente a associação das populações em SRR, para os caracteres de resistência. Considerando os experimentos realizados com as populações CMS 14C e CMS 23 no Centro Nacional de Milho e Sorgo (EMBRAPA), nos quais os referidos materiais foram cruzados com uma série de populações e os cruzamentos foram avaliados para danos da lagarta do cartucho sob infestação artificial, porém com uma escala de notas de grandeza diferente, as estimativas obtidas de CGC foram de 0,08 para CMS 14C e -0,10 para CMS 23 (Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Milho e Sorgo, 1992-1993). As estimativas encontradas no presente estudo são inferiores às apresentadas somente no cruzamento destes materiais com as linhagens S₂ de BR 5026. Nos demais cruzamentos, as estimativas são superiores.

4.2.3.2 – Linhagens S₂

Os estimativas para a capacidade geral de combinação das linhagens foram calculadas a partir do contraste dos totais de cruzamentos por testador e a média destes cruzamentos. Estes valores, segundo Vencovsky & Barriga (1992), podem ser definidos como medidas da capacidade geral de combinação das linhagens, quando os testadores possuem base genética ampla. Nas tabelas 28, 29 e 30 são apresentadas as estimativas mais altas para 10 melhores linhagens S₂, agrupadas por população e por característica com a respectiva identificação da linhagem selecionada.

Dentre as 10 linhagens selecionadas nas populações, observou-se que houve uma amplitude considerável para as estimativas em todos os caracteres nas diferentes populações. As linhagens que ocupam o primeiro lugar da tabela podem ser consideradas como materiais com uma maior concentração de alelos favoráveis para os caracteres em questão.

Analisando os valores das estimativas, observa-se que estas linhagens são promissoras, e algumas delas foram selecionadas para mais de uma característica e merecem ser estudadas com maiores detalhes. Por exemplo, a linhagem 22 da população

CMS 14C apresentou a terceira maior estimativa para PEc, a primeira para RL1 e a segunda para RL2.

4.2.4 – Parâmetros genético-estatísticos

Os valores médios dos caracteres em estudo para os topcrosses são importantes na caracterização das mesmas e nas inferências do desempenho médio das linhagens em cruzamento, porém, além disso, devem ser analisadas as magnitudes das variâncias genéticas associadas, considerando que a média de um caráter e a variabilidade genética existente não podem ser correlacionadas. Dessa forma, nem sempre do melhor híbrido interpopulacional derivarão os melhores híbridos simples, triplos e duplos, sendo função conjunta da média do híbrido interpopulacional e da magnitude dos componentes de variância entre híbridos (Miranda Filho & Viegas, 1987; Vencovsky et al., 1987; Souza Jr, 1989)

A tabela 31 reúne estimativas de variância aditiva dos cruzamentos “per se” (σ^2_{Axy}) e ao nível interpopulacional ($\sigma^2_{A(xy)}$). As estimativas “per se” para PEc foram mais elevadas para os topcrosses T₃₁, T₂₁ e T₃₂, e consideradas muito inferiores para T₂₃, T₁₂ e T₁₃, nessa ordem.

Em relação aos caracteres RL1 e RL2, os topcrosses com maiores estimativas de variância aditiva foram T₂₁, T₂₃, T₃₂ e T₃₁ para RL1 e T₂₁, T₃₂ e T₃₁. As estimativas de variância aditiva interpopulacionais foram superiores em T₍₂₃₎ para RL1 e T₍₁₂₎ para RL2.

Para AP e AE, os valores encontrados são muito inferiores aos descritos na literatura (Terasawa, 1993; Farias Neto, 1995), o que, de certa forma, era até esperado, pois os trabalhos destes autores envolveram populações visando justamente o estudo dos caracteres AP e AE (ESALQ PB1, ESALQ PB2 e ESALQ PB3).

Os valores estimados de σ^2_{Axy} e σ^2_{Ayx} , obtidos quando as populações Y e X foram utilizadas como testadoras, refletem o grau de melhoramento similar em que se encontram as populações. Já os valores de $\sigma^2_{A(xy)}$ fornecem informações da quantidade de variância aditiva existente entre as populações para um determinado caráter.

Houve uma grande diferença entre as estimativas σ^2_{xy} e σ^2_{yx} , para quase todos os caracteres avaliados, excluindo as estimativas σ^2_{23} e σ^2_{32} para RL1. Contudo, resultados na literatura têm revelado grandes diferenças de magnitude nas estimativas de σ^2_{xy} e σ^2_{yx} (Miranda Filho & Paterniani, 1983; Souza Jr, 1983; Martins, 1986), que segundo Terasawa (1993), tal divergência pode ser considerada como um fator limitante para uma maior exploração da variância genética.

As variâncias σ^2_{A12} , σ^2_{A21} , σ^2_{A13} , σ^2_{A31} , σ^2_{A23} , σ^2_{A32} , são homólogas da variância aditiva intrapopulacional. As variâncias aditivas que se expressam nos híbridos interpopulacionais são definidas, segundo Miranda Filho (1982), por:

$$\text{Híbrido A x B : } \sigma^2_{A(12)} = \frac{1}{2} [\sigma^2_{A12} + \sigma^2_{A21}]$$

$$\text{Híbrido A x C : } \sigma^2_{A(13)} = \frac{1}{2} [\sigma^2_{A13} + \sigma^2_{A31}]$$

$$\text{Híbrido B x C : } \sigma^2_{A(23)} = \frac{1}{2} [\sigma^2_{A23} + \sigma^2_{A32}]$$

As estimativas interpopulacionais foram superiores para o conjunto $T_{(13)}$, seguido pelo conjunto $T_{(12)}$, e finalmente o $T_{(23)}$ para o caráter PEc. Em RL1, a maior estimativa foi apresentada para o conjunto $T_{(23)}$ e para RL2, no conjunto $T_{(12)}$.

Considerando estes valores de variância aditiva interpopulacional e as estimativas para CGC, pode-se afirmar que entre as associações propostas para SRR para PEc, (CMS 23 - CMS 14C e BR 5026 – CMS 14C) as estimativas de $\sigma^2_{A(12)}$ e $\sigma^2_{A(13)}$ foram mais elevadas, sendo que a $\sigma^2_{A(13)}$ é mais elevada, porém apresenta valor de CGC negativo. Nos conjuntos promissores para SRR para os caracteres de resistência (CMS 23 – CMS 14C e BR 5026 – CMS 23), ambos grupos apresentam estimativas de σ^2_A interpopulacional mais elevadas que o grupo restante

Conforme apresentado neste estudo, o levantamento de dados e as análises realizadas foram suficientes para selecionar progênies S_1 que, recombinadas podem encerrar o primeiro ciclo de seleção recorrente recíproca ou para capacidade geral de combinação.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rápido crescimento populacional mundial, a crescente conscientização da preservação do meio ambiente têm pressionado produtores de alimentos a otimizar direta e indiretamente a qualidade e a quantidade da produção. Os produtores de alimentos, por sua vez, buscam nos centros geradores de tecnologia, a resposta para a população. Esta relação incrementa a responsabilidade do pesquisador que, para responder essas perguntas tem que otimizar os modelos clássicos e ainda, encontrar alternativas para os mesmos.

Com o aumento de estresses na cultura do milho, a busca de novas técnicas e/ou novas fontes de germoplasma têm se intensificado. Há um esforço dos centros de pesquisa, bem como de empresas privadas em buscar alternativas a modelos convencionais.

Recentemente, nos programas de melhoramento de milho foram incrementadas as preocupações com resistência a pragas e doenças, e muitas pesquisas vem se desenvolvendo nessa linha. O projeto NAP-MILHO, por exemplo, gerou informações para as principais doenças do milho, bem como fontes de germoplasma em um esforço conjunto entre comunidade científica e empresas privadas.

O presente trabalho apresentou como objetivos principais, gerar informações de populações adaptadas de milho em relação a lagarta do cartucho. Porém, além disso, procurou-se adaptar as técnicas e métodos de condução de experimentos visando resistência à rotina do programa de melhoramento de milho. Mesmo já tendo sido extensivamente estudado, os métodos de infestação artificial e sua avaliação requerem conhecimentos específicos e intermediários de entomologia e melhoramento de plantas. Considerando as afirmações dos centros que realizam estas práticas rotineiramente, a ausência desta técnica implica em um grande erro experimental, devido a falta de

consistência entre as repetições e às elevadas estimativas dos quadrados médios do resíduo. Além disso, o fenômeno da pseudoresistência, melhor caracterizado como escape, sempre vai questionar experimentos sob infestações naturais.

Considerando a aplicação da técnica de infestação artificial adaptada para o Departamento de Genética da ESALQ-USP e a condução dos experimentos, os resultados obtidos foram condizentes com a literatura consultada, e as informações genéticas são suficientes para caracterizar e selecionar as populações estudadas.

A recombinação das linhagens S_1 mais resistentes, ou o intercruzamento das populações que apresentaram linhagens S_2 com boa capacidade geral de combinação, resistentes e produtivas, permitem a obtenção de populações melhoradas ou de fontes de resistência para serem utilizadas em programas de melhoramento visando a resistência genética a lagarta do cartucho.

6 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram algumas conclusões sobre as populações e métodos avaliados.

As populações CMS 14C, CMS 23 e BR 5026 se constituem em fontes promissoras, tanto para sua utilização “per se”, como para a extração de linhagens endogâmicas de alto vigor.

A variedade BR 5026 apresenta, para o caráter produção de grãos, maior sensibilidade a endogamia, em ambos locais, em relação às populações CMS 23 e CMS 14C. Essa tendência não existe para as características de resistência.

As condições ambientais de Rio Verde são menos favoráveis do que Piracicaba para expressão dos caracteres produção, altura de planta e altura de espiga, tanto nas populações não endógamas (S_0) como nas linhagens.

A população CMS 14C tem expressiva depressão por endogamia para o caráter resistência, definido como danos da lagarta aos 7 dias. A população CMS 23 é a mais sensível aos efeitos de endogamia para resistência a lagarta avaliada aos 14 dias.

Pelos valores de médias encontrados nos experimentos para as características de resistência e produção nas populações, e testemunhas resistente e suscetível, caracterizam esses genótipos como boas fontes de resistência para a lagarta do cartucho com consideráveis características produtivas.

As magnitudes obtidas para as estimativas dos componentes aditivos, associada a boa performance dos topcrosses, sugerem a viabilidade de uso das populações em esquemas de seleção recorrente.

O método utilizado para infestação artificial, baseado nos valores médios obtidos para a testemunha suscetível, simulou um ataque da praga eficiente para a seleção de materiais.

A utilização de duas avaliações para a característica de resistência se mostrou adequada, como sugeriram alguns autores, por refletirem todo o ciclo do inseto e evitarem subestimar o material resistente.

A técnica de infestação artificial necessita de treinamento de pessoal e instalações especiais (laboratório de apoio) para ser incorporada em um programa de melhoramento.

7 – LITERATURA CITADA

- BARRY, D., ALFARO, D., DARRAH, L.L. Relation of european corn borer leaf feeding resistance and DIMBOA content in maize. **Enviromental Entomology**. v.23, n.1, p.177-182, 1994
- BASSEN, D.N. **Manejo de pr agas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996.134p.
- BERGVINSON, D, Role of the phenolic acids in maize resistance to the European corn borer. Ottawa, 1993. 171p. Ph.D. Dissertation – University of Ottawa.
- BOIÇA Jr, A.L.; GALLI, J.C.; DE BORTOLI, S.A.; RODRIGUES Jr, C.; LARA, F.M. Comparação de 24 genótipos de milho infestados por *Spodoptera frugiperda*, **An. Soc. Entomol. Brasil**,v.22, n.1, p.131-137, 1993.
- BONDARI, K., WISEMAN,B.R. Genetic basisof silk resistance to the corn earwormin six crosses of maize lines: statistical methodology, In: MIHN, J.A. (ed.). 1997. **Insect resistance maize : recent advances and utilization; Proceedings of an international symposium held at the international maize and wheat improvement center (CIMMYT)**, 1994. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- BUNTIN, C.D. A review of plant response to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith), injury in selected field and forage crops. **The Florida Entomologist**. v.69, n.3, 1986.

BURTON, R.L., PERKINS, W.D. Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. In: **Toward Insect Resistant Maize for the Third World- Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects**, p.37-45, 1987.

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. Tese de Doutorado em Agronomia, Piracicaba, 170p., 1970.

CARVALHO, R.P.L. **Pragas do milho**. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P. Melhoramento e produção do milho. Campinas, Fundação Cargill, p. 673-703, 1987.

CHIANG.H.C. Pest management in corn, **Annual Review of Entomology**, v.23, p.101-123, 1978.

COSTA LIMA, A. **Insetos do Brasil**. 420p., 1949.

DAVIS, F.M. Rearing the southwestern corn borer and fall armyworm at Mississippi State. In: **Toward Insect Resistant Maize for the Third World-Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects**, p.27-36, 1987.

DAVIS, F.M.; BAKER, G.T.; WILLIAMS, W.P. Anatomical characteristics of maize resistant to leaf feeding by southwestern corn borer and fall armyworm, **Journal of Agricultural Entomology**, v.12, p.55-65, 1995.

FARIA NETO, A.L. Sexto ciclo de seleção divergente para tamanho do pendão e altura da espiga na população de milho ESALQ PB1. Piracicaba, 1995. 108p. Dissertação (M.S.) – Universidade de São Paulo.

- FONSECA, J.P. Relação das principais pragas observadas nos anos de 1931, 1932 e 1933 nas plantas de maior cultivo no estado de São Paulo. **Arq. Inst. Biol.** v.5, p.263-89, 1934.
- GONZÁLEZ, P.A.; LEMOS, M.A.; RAMALHO NETO, C.E.; REIS, O.V., TABOSA, J.N., TAVARES FILHO, J.J. Correlações genéticas, fenotípicas e ambientais em dois ciclos de seleção no milho dentado composto, **Pesq. Agropec. Bras.**, v.29, n.3, p.419-425, 1994.
- GOODMAN, M.M. A brief survey of the races of maize and current attempts to infer racial relationships. In: WALDEN, D.B., **Maize Breeding and Genetics**, John Wiley & Sons, 1ed, New York, p.143-158, 1978.
- GOODMAN, M.M., PATERNIANI, E. The races of maize: III. Choices of appropriate characters for racial classification. **Econ. Bot.**, v.23, p. 265-73, 1969.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. The Iowa State University Press, Ames, 1988, 468p.2ed.
- HAMBLETON, E.J. Uma lista dos Lepdópteros do estado de Minas Gerais. **Arq. Inst. Biol.** v.6, p.213-56, 1935.
- HEDIN, P.A., WILLIAMS, W.P., DAVIS, F.M., BUCKLEY, P.M. Roles of amino-acids, protein and fiber in leaf feeding resistance of corn to the fall armyworm. **J. of Chemical Ecology**. New York, v.16, n.6, 1977-95, 1990.
- HEDIN, P.A., WILLIAMS, W.P., DAVIS, F.M., BUCKEY, P.M. Roles of amino-acids, protein and fiber in leaf feeding resistance of corn to the fall armyworm. **J. of Chemical Ecology**. New York, v.16, n.6, 1977-1995, 1990.

HOROWITZ, S. Trabajos en marcha sobre resistencia a insectos en el maiz.

Agronomic tropical, v.10, n.3, p.107-114, 1960.

ISENHOUR, D.J.; WISEMAN, B.R.; WIDSTROM, N.W. Fall armyworm feeding responses on corn foliage/artificial diet medium mixtures at different temperatures, **Journal of Economic Entomology**, v.78, n.2, p.328-332, 1985.

JIANG, B. Relationship of a 33kD putative cysteine proteinase with fall armyworm resistance in corn. Ph.D. dissertation, Mississippi State Univ., Mississippi State, MS, 1994.

KHAIRALLAH, M. Location and effect of quantitative trait loci for southwestern corn borer and sugar cane borer resistance in tropical maize In: MIHN, J.A. (ed.). 1997. **Insect resistance maize : recent advances and utilization; Proceedings of an international symposium held at the international maize and wheat improvement center (CIMMYT)**, 1994. Mexico, D.F.: CIMMYT.

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

LARA, F.M.; OSUNA, J.A.; ABDELNUR Jr, O. Comportamento de genótipos de milho em relação ao ataque de *Spodoptera frugiperda* e *Heliothis zea*, **Científica**, v.12, p.77-83, 1984.

LEIDERMAN, E.J., SAUER, H.F.G. A lagarta dos milharais *Laphygma frugiperda* (Abbot & Smith, 1797). **O biológico**, v.19, n.6, p.105-13, 1953.

LEMONS, M.A.; ARAÚJO, M.R.A.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R.; OLIVEIRA, A.C.; MORAES, A.R. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos de milho

dentado composto visando resist6encia a *Spodoptera frugiperda* e a *Heliothis zea* II ciclo, **Pesq. Agropec. Bras**, v.25, n.1, p.95-101, 1990.

LEMOS, M.A; TABOSA, J.N.; TAVARES FILHO, J.J.; GAMA, E.E.G; ARCOVERDE, A.S.S.; SANTOS, J.P.O.; OLIVEIRA, S.A. Cultivar de milho desenvolvida para Pernambuco selecionada contra ataques das lagartas do cartucho e da espiga Comunicado Técnico, **Emp. Pern. de Pesq. Agropec.**, ct61, 1995, 7p.

MARQUES, C.A. Seleção entre progênies endogâmicas (S₁) para resistência a *Heliothis zea* em duas populações de milho opaco-2. Tese de doutorado - Faculdade de ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Jaboticabal, 1989.

MECKENSTOCK, D.H.; CASTRO, M.T.; PITRE, H.N.; GOMEZ, F. Antibiosis to fall armyworm in Honduras landrace sorghum, **Enviromental Entomology**, v.20, n.5, p.1259-1266, 1991.

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

MIHN, J. Mass rearing stem borers, fall armyworms and corn earworms at CIMMYT. In: **Toward Insect Resistant Maize for the Third World-Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects**, p.5-21, 1987.

MIHN, J.A. Evaluating maize for resistance to tropical stem borers, armyworms and earworms, In: **Toward Insect Resistant Maize for the Third World-Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects**, p.109-121, 1987.

- MIRANDA FILHO, J.B. Exotic germplasm introduced in a brazilian maize breeding program **Rev. Bras. Genet.**, v.15, n.3, p.631-642, 1992.
- NG, S.S., DAVIS, F.M., WILLIAMS, W.P. Survival, growth and reproduction of the fall armyworm (Lepdoptera: Noctuidae) as affected by resistant corn genotypes. **J. of Econ. Entom. Lanham**, v.78, n.4, p.967-71, 1985.
- NG, S.S.; DAVIS, F.M.; WILLIAMS, W.P. Ovipositional response of southeastern corn borer and fall armyworm to select maize hybrids, **Journal of Economic Entomology**, v.83, n.4, p.1575-1590, 1990.
- OSUNA, J.A.; LARA, F.M.; OLIVEIRA, M.A.P.; TOZETTI, A.D. Avaliação de famílias de meio-irmãos em milho visando resistência a *Helicoverpa zea* e *Spodoptera frugiperda*, **An. Soc. Entomol. Brasil.**, v.24, n.1, p.21-26, 1995.
- OWENS, J.C., PETERS, D.C., HALLAUER, A.R. Corn rootworm tolerance in maize. **Enviroment Entomology**, Maryland, v.3, p.767-772, 1974.
- PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants.** McMillian, New York, 520p., 1951.
- PEAIRS, F.B.; SAUNDERS, J.L. Plant damage and yield response to *Diathraea saccharallis* and *Spodoptera frugiperda* in selection cycles of two tropical maize populations in Mexico, **Turrialba**, v.31, n.1, p.55-62, 1981.
- PEÑA, O.N.S. Enrace sobre controle quimico del cogollero del maiz en Tarapotio, **Revista Peruana de Entomologia**, v.17, n.1, p.123, 1978.
- PENNY, C.B. Dimboa behavior on corn resistant populations, **J. Econ. Entom.**, v.22, n.2, p.342-347, 1967.

- PEREIRA, C.J.; HELLMAN, J.L. Economic injury for *Spodoptera frugiperda* on silage corn in Maryland, **journal of Economic Entomology**, v.86, n.4, p.1266-1270.
- RAMALHO NETO, C.E., LEMOS, M.A. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no milho dentado composto visando resistência a *Spodoptera frugiperda* e *Heliothis zea*. In: **XVI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Belo Horizonte, 1986, Anais, sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, P.365-373, 1988
- SANTOS, M.X.; MIRANDA FILHO, J.B. Genetic potential of two brazilian races of maize for breeding purposes, **J. Genet. & Bred.**, v.46, p.83-90, 1992.
- SIFUENTES, J.A.A. Oviposición de palamillas de cagallero y dano de las larvas en plantulas de maiz y sorgo, in invernadero. **Agricultura Técnica en México**, v.2, n.7, p.311-4, 1967.
- SILVEIRA, L.C.P. Resistência de genótipos de milho a *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Dissertação de Mestrado em Agronomia, Piracicaba, 90p., 1994.
- SMITH, C.M. An overview of the mechanisms and bases of insect resistance in maize, In: MIHN, J.A. (ed.). 1997. **Insect resistance maize : recent advances and utilization; Proceedings of an international symposium held at the international maize and wheat improvement center (CIMMYT)**, 1994. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- SMITH, M.E., MIHN, J.A., JEWELL, D.C. Breeding for multiple resistance to temperate, subtropical and tropical maize insect pests at CIMMYT In: **Toward insect resistant maize for the third world: Proc. Int. Symp. Methodologies for developing host plant resistance to maize insects**, 222-234, Mexico D.F., CIMMYT, 1989.

SNOOK, M.E., WISEMAN, B.R., WIDSTROM, N.W., WILSON, R.L. Chemicals associated with maize resistance to corn earworm and fall armyworm. In: MIHN, J.A. (ed.). 1997. **Insect resistance maize : recent advances and utilization; Proceedings of an international symposium held at the international maize and wheat improvement center (CIMMYT)**, 1994. Mexico, D.F.: CIMMYT.

SNOOK, M.E., WISEMAN, B.R., WIDSTROM, N.W., WILSON, R.L. Chemicals associated with maize resistance to corn earworm and fall armyworm. In: MIHN, J.A. (ed.). 1997. **Insect resistance maize : recent advances and utilization; Proceedings of an international symposium held at the international maize and wheat improvement center (CIMMYT)**, 1994. Mexico, D.F.: CIMMYT.

TERASAWA Jr, F. Seleção recorrente com endogamia em duas populações de milho: avaliação quantitativa e perspectivas para a seleção de híbridos. Piracicaba, 1993. 188 p. Dissertação (M.S.) – Universidade de São Paulo.

TIPPING, P.W., CORNELIUS, P.L., LEGG, D.E., PONELEIT, C.G., RODRIGUEZ, J.G. Inheritance of resistance in whole kernel maize to oviposition by the maize weevil. **J. of Econ. Entom.** v.82, n.5, p. 1466-1469, 1989.

VELEZ, M.C.; SIFUENTES, J.A. El gusano cogollero del maiz: su combate com inseticidas granulados del vale de Aptzigan, **Agricultura Tecnica em Mexico**, v.2, n.7, p.315-317, 1967.

VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento** Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 1ed., 1992, 496p.

- VENDRAMIN, 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**, Jaboticabal, v.17 (supl.), p.141-50, 1988.
- VIANA, P.A. Avaliação de genótipos de milho para resistência a lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa em Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 1992/93: 136, 1994.
- VIANA, P.A., GUIMARÃES, P.E.O. Maize resistance to the lesser cornstalk borer and fall armyworm in Brazil In: MIHN, J.A. (ed.). 1997. **Insect resistance maize : recent advances and utilization; Proceedings of an international symposium held at the international maize and wheat improvement center (CIMMYT)**, 1994. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- VIANA, P.A., POTENZA, M.R. Identificação de fontes de resistência de milho a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). In: **Congresso Brasileiro de Entomologia**, 13., Recife, p.531. Resumos. Recife, SEB, 1991.
- WELCKER, C., FEBVAY, G., CLAVEL, D. Variability for maisin content in maize germplasm developed for insect resistance In: MIHN, J.A. (ed.). 1997. **Insect resistance maize : recent advances and utilization; Proceedings of an international symposium held at the international maize and wheat improvement center (CIMMYT)**, 1994. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- 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, p. 1171-1174, 1992
- WIDSTROM, N.W.; BONDARI, K.; McMILLIAM, W.W. Heterosis among insect resistant maize populations, **Crop Sci.**, v.33, p.989-994, 1993.

- WIDSTROM, N.W.; BONDARI, K.; McMILLIAM, W.W. Hybrid performance among maize populations selected for resistance to insects **Crop Sci.**, v.32, p.85-89, 1992 a.
- WIDSTROM, N.W.; WILLIAMS, W.P.; WISEMAN, B.R.; DAVIS, F.M. Recurrent selection for resistance to leaf feeding by fallarmyworm on maize, **Crop Sci.**, v.32, p.1171-1174, 1992.
- WILLIAMS, W.P., BUCKLEY, P.M., DAVIS, F.M. Oviposition deterrents for fall armyworm (Lepdoptera: Noctuidae) from larval frass, corn leaves and artificial diet. **Enviromental Entomology**, v.15, p.321-30, 1986.
- WILLIAMS, W.P.; BUCKLEY, P.M.; HEDIN, P.A.; DAVIS, F.M. Laboratory bioassay for resistance in corn to fall armyworm and suthwestern corn borer, **J. Econ. Entom.**, v.83, n.4, p.1578-1581, 1990.
- WISEMAN, B.R. Development of resistance in corn and sorghum to a foliar and ear /panicle feeding worm complex, **Proceedings of the Fortieth Annual Corn and Sorghum Industry Research Conference**, New York, p.108-124, 1985.
- WISEMAN, B.R., DAVIS, F.M., CAMPBELL, J.E. Mechanical infestation device used in fall armyworm plant resistance programs. **The Florida Entomologist**, v.63, n.4, p. 425-32, 1980.
- WISEMAN, B.R., PAINTER, R.H., WASSON, C.E. Detecting corn seedlings differences by visual classification of damage by the fall armyworm. **J. of Econ. Entom.**, Lanham, v.59, n.5, 1211-4, 1966.
- WISEMAN, B.R., WIDSTROM, N.W. Resistance of corn populations to larvae of the corn earworm (Lepdoptera: Noctuidae), **J. Econ. Entom.**, v.85, n.2, p.601-5, 1992.

WISEMAN, B.R.; WILLIAMS, W.P.; DAVIS, F.M. Fall armyworm: resistance mechanisms in selected corns **J. Econ. Entom.**, v.74, p.622-624, 1981.

XIE, Y.S., ARNASON, J.T., PHILOGENE, B.J.R., ATKINSON, J., MORAND, P. Role of 2,4 dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one (DIMBOA) in the resistance of maize to western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera*. **Can. Ent.** v.122, p.1177-1186, 1990.

YANG, G.; WISEMAN, B.R.; ISENHOUR, D.J.; ESPELIE, K.E. Chemical and ultrastructural analysis of corn cuticular lipids and their effect on feeding by fall armyworm larvae, **Chem. Ecol.**v.19, p.2055-2074, 1993.

ANEXOS

Tabela 07. Valores médios ($\bar{X}$) obtidos nas linhagens S₁, progênie de irmãos germanos (IG) e testemunha das populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José (SJ), para as características Peso de Espigas Corrigido (PEc), Altura da Planta (AP) e Altura da Espiga (AE), em experimentos conduzidos em Rio Verde – GO (RV) e Piracicaba – SP (P), no anos agrícolas de 1996/1997 e 1997/1998, respectivamente.

Populações		Pec (Kg/parcela)		AP (cm)		AE (cm)	
		RV	P	RV	P	RV	P
CMS 14C	S ₁	1,73	2,66	172,73	196,11	85,56	110,85
	IG	2,39	3,78	201,29	213,33	102,73	124,33
	T*	2,77	3,98	172,62	179,67	86,81	102,17
CMS 23	S ₁	1,49	2,34	142,62	177,21	63,79	87,87
	IG	2,08	3,23	168,35	198,67	77,17	109,67
	T*	2,40	2,76	182,72	187,00	84,47	102,00
SJ	S ₁	1,68	2,21	186,59	241,08	99,96	147,71
	IG	2,39	3,74	218,87	262,50	121,27	161,83
	T*	2,22	2,29	178,05	206,42	81,07	111,42

*Testemunha em RV – G85, testemunha em P – Piranão VD

Tabela 8. Valores médios ($\bar{X}$) obtidos nas linhagens S₁, S₀ e testemunha das populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José (SJ), para as características Peso de Grãos Corrigido (PGc), Avaliação para Resistência a Lagarta do Cartucho aos 7 dias após a infestação artificial (RL1), Avaliação para Resistência a Lagarta do Cartucho aos 14 dias após a infestação artificial (RL2), Comprimento Médio da Espiga (CE), Diâmetro Médio da Espiga (DE), Quebramento (QUE), Acamamento (AC) e Estande (EST) em experimentos conduzidos em Piracicaba – SP (P), no ano agrícola de 1997/1998.

Populações		PGc	RL1	RL2	CE	DE	NE	QUE	AC	EST
CMS 14C	S ₁	2,04	2,23	2,31	16,59	4,76	11,58	3,91	0,07	11,86
	S ₀	3,03	1,83	1,96	19,39	5,21	12,73	3,53	0,03	11,43
	T*	3,07	2,86	2,92	19,00	5,05	6,00	0,73	0,00	5,17
CMS 23	S ₁	1,81	1,71	1,68	16,34	4,23	10,07	4,27	0,01	10,30
	S ₀	2,60	1,74	1,47	19,36	4,69	13,53	3,97	0,00	11,47
	T*	2,05	2,56	2,59	18,58	4,86	5,03	1,83	0,00	6,00
SJ	S ₁	1,73	1,75	1,57	17,04	4,44	12,31	4,95	0,03	11,86
	S ₀	3,03	1,57	1,56	20,22	4,91	15,26	3,66	0,00	13,14
	T*	1,81	2,19	2,44	16,29	4,54	5,23	1,86	0,00	7,06

*Testemunha – Piranão VD

Tabela 9. Amplitudes (MIN e MAX), desvio padrão da média (s) e coeficiente de variação experimental (CVe) obtidos nas linhagens S₁ e progênies de irmãos germanos (IG) das populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José (SJ), para as características Peso de Espigas Corrigido (PEc), Altura da Planta (AP) e Altura da Espiga (AE) em experimentos conduzidos em Rio Verde – GO (RV), no ano agrícola de 1996/1997.

Peso de Espigas corrigido (Kg/parcela)

		CMS 14C		CMS 23		SJ	
		S ₁	IG	S ₁	IG	S ₁	IG
Amplitude	MIN	0,92	1,46	0,94	1,27	0,81	1,51
	MAX	3,74	3,97	2,78	2,83	3,33	3,18
S		0,38	0,38	0,31	0,36	0,31	0,41
CVe		16,49	15,60	20,51	13,51	16,87	16,74

Altura da Planta (cm)

		CMS 14C		CMS 23		SJ	
		S ₁	IG	S ₁	IG	S ₁	IG
Amplitude	MIN	143,50	170,50	104,00	126,50	148,00	188,50
	MAX	223,00	234,00	180,00	219,50	223,00	249,00
S		10,03	9,03	10,33	9,81	10,33	10,53
CVe		5,81	4,39	5,81	13,52	6,14	4,53

Altura da Espiga (cm)

		CMS 14C		CMS 23		SJ	
		S ₁	S ₀	S ₁	S ₀	S ₁	S ₀
Amplitude	MIN	58,50	79,00	40,00	53,50	75,00	96,00
	MAX	117,00	124,50	80,00	112,00	127,00	145,00
S		7,07	6,90	7,06	7,70	7,06	8,12
CVe		8,29	6,71	11,07	5,83	8,60	6,70

Tabela 10. Amplitudes (MIN e MAX), desvio padrão da média (s) e coeficiente de variação experimental (CVe) obtidos nas linhagens S₁ e progênes de irmãos germanos (IG) das populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José (SJ), para todas características avaliadas, em experimentos conduzidos em Piracicaba - SP, no ano agrícola de 1997/1998.

Pesos de espigas e de grãos corrigidos (Pec e PGc)

		CMS 14C		CMS 23		SJ	
		PEc	PGc	PEc	PGc	PEc	PGc
Amplitude	MIN	1,65	1,24	1,58	1,21	1,14	0,82
	MAX	3,80	3,11	3,40	2,83	3,18	2,56
S		0,34	0,27	0,37	0,29	0,35	0,29
CVe		12,25	12,79	15,78	16,18	15,84	16,77

Alturas da planta e da espiga (AP e AE)

		CMS 14C		CMS 23		SJ	
		AP	AE	AP	AE	AP	AE
Amplitude	MIN	170,00	87,50	130,00	60,00	200,00	105,00
	MAX	247,50	145,00	220,00	135,00	275,00	190,00
S		4,91	4,58	5,00	4,41	5,50	5,06
CVe		7,87	13,07	8,67	16,56	7,29	10,87

Avaliações para resistência a lagarta do cartucho (RL1 e RL2)

		CMS 14C		CMS 23		SJ	
		RL1	RL2	RL1	RL2	RL1	RL2
Amplitude	MIN	1,00	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00
	MAX	4,42	4,25	2,60	2,90	2,90	2,45
S		0,66	0,67	0,48	0,53	0,49	0,42
CVe		30,00	28,89	33,47	31,66	27,72	26,33

Comprimento (CE) e diâmetro médios (DE), e número de espigas (NE)

		CMS 14C			CMS 23			SJ		
		CE	DE	NE	CE	DE	NE	CE	DE	NE
Amplitude	MIN	11,20	3,60	3,00	11,20	3,20	4,50	12,60	3,90	7,00
	MAX	20,10	5,50	18,00	19,90	5,00	17,00	20,60	5,30	19,00
S		2,36	0,66	2,20	2,72	0,64	2,43	2,36	0,50	2,39
CVe		6,34	6,28	19,06	7,44	6,74	24,00	6,19	4,44	19,41

Tabela 11. Estimativas de depressão por endogamia (DE%) após uma geração de autofecundação (S_1) nas populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José, para os caracteres Peso de Espigas corrigido (PEc), Altura da Planta (AP) e Altura da Espiga (AE) em experimentos conduzidos em Rio Verde – GO (RV) e Piracicaba – SP (P), nos anos agrícolas de 1996/1997 e 1997/1998, respectivamente.

Populações	PEc		AP		AE	
	RV	P	RV	P	RV	P
CMS 14C	-27,59	-8,07	-14,19	-8,07	-16,71	-10,84
CMS 23	-28,69	-33,19	-15,28	-8,34	-17,34	-20,12
São José	-29,73	-40,88	-14,75	-8,16	-17,57	-8,73

Tabela 12. Estimativas de depressão por endogamia (DE%) após uma geração de autofecundação (S_1) nas populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José, para caracteres avaliados em experimentos conduzidos em Piracicaba – SP, no ano agrícola de 1997/1998.

Populações	PGc	RL1	RL2	NE	CE	DE
CMS 14C	-32,73	21,77	17,80	-9,05	-14,42	-8,74
CMS 23	-37,75	14,12	18,79	-29,76	-12,64	-8,00
São José	-42,68	10,95	0,57	-19,34	-15,70	-9,39

Tabela 13. Estimativas de quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental (Cve) obtidos das análises agrupadas por população (CMS 14C, CMS 23 e Composto São José – SJ) dos caracteres Peso de Espigas corrigido (PEc), Altura da Planta (AP) e Altura da Espiga (AE) para as linhagens S₁ e progênies de irmãos germanos (IG) em experimentos conduzidos em Rio Verde – GO, no ano agrícola de 1996/1997.

Populações	FV	GL	PEc	AP	AE
CMS 14C	S ₁ 's	138	0,21**	335,70**	193,28**
	Erro Médio	138	0,08	100,53	49,96
	CVe (%)		16,49	5,81	8,29
	IG	98	0,28**	282,70**	158,73**
	Erro Médio	98	0,14	81,46	47,59
	CVe (%)		15,60	4,39	6,71
CMS 23	S ₁ 's	138	0,16**	403,25**	199,10**
	Erro Médio	138	0,09	106,79	49,90
	CVe (%)		20,51	5,81	11,07
	IG	98	0,21**	464,26**	211,19**
	Erro Médio	98	0,13	96,19	59,33
	CVe (%)		13,51	5,83	9,91
SJ	S ₁ 's	108	0,28**	582,75**	246,20**
	Erro Médio	108	0,08	132,48	73,92
	CVe (%)		16,87	6,14	8,60
	IG	98	0,27**	320,63**	220,55**
	Erro Médio	98	0,16	110,83	65,91
	CVe (%)		16,74	4,53	6,70

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

tabela 14. Quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental (CVe) obtidos das análises agrupadas por população (CMS 14C, CMS 23 e Composto São José - SJ) dos caracteres avaliados para a linhagem S₁ em experimentos conduzidos em Piracicaba - SP, no ano agrícola de 1997/1998.

Populações	FV	GL	PEc	PGc	RL1	RL2	
CMS 14C	S ₁ 's	145	0,31**	0,21**	0,64**	0,58**	
	Erro Médio	145	0,11	0,07	0,44	0,45	
	CVe (%)		12,25	12,79	30,00	28,89	
CMS 23	S ₁ 's	144	0,22**	0,15**	0,32**	0,34**	
	Erro Médio	144	0,14	0,09	0,23	0,28	
	CVe (%)		15,78	16,18	33,47	31,66	
SJ	S ₁ 's	110	0,27**	0,19**	0,25ns	0,19ns	
	Erro Médio	110	0,12	0,09	0,24	0,18	
	CVe (%)		15,84	16,77	27,72	26,33	
		GL	AP	AE	CE	DE	NE
CMS 14C	S ₁ 's	145	333,28**	27,54**	27,20**	0,64**	13,75**
	Erro Médio	145	241,46	209,83	5,59	0,44	4,84
	CVe (%)		7,87	13,07	6,34	6,28	19,06
CMS 23	S ₁ 's	144	522,26**	306,10**	26,71**	1,00**	14,71**
	Erro Médio	144	250,30	194,78	7,40	0,41	5,88
	CVe (%)		8,67	16,56	7,44	6,74	24,00
SJ	S ₁ 's	110	493,69**	465,50**	17,92**	0,63**	10,59**
	Erro Médio	110	308,05	255,67	5,56	0,25	5,70
	CVe (%)		7,29	10,87	6,19	5,00	19,41

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 15. Estimativas de quadrados médios obtidos através da análise conjunta de experimentos com linhagens S_1 para Peso de Espigas corrigido (PEc), agrupados por população (CMS 14C, CMS 23 e Composto São José), envolvendo as localidades de Rio Verde – GO e Piracicaba – SP.

	CMS 14C		CMS 23		São José	
Fonte de variação	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Linhagens (Li)	139	0,1205**	139	0,1221**	109	0,1885ns
Locais (Lo)	1	52,8024**	1	49,7457**	1	15,0033**
Li X Lo	139	0,1119**	139	0,0707ns	109	0,1124ns
Erro médio	280	0,0980	280	0,1162	220	0,1043

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade

ns – não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 16. Estimativas de variância fenotípica (σ^2_F), variância genética entre progênies (σ^2_G) e variância genética aditiva (σ^2_A) para os caracteres Peso de Espigas corrigido (PEc), Altura da Planta (AP) e Altura da Espiga (AE), obtidas ao nível de médias através de análises agrupadas por população, de experimentos com progênies S_1 e irmãos germanos (IG) conduzidos em Rio Verde – GO (RV) e Piracicaba – SP (P), nos anos agrícolas de 1996/1997 e 1997/1998.

Populações		PEc			AP			AE		
		RV		P	RV		P	RV		P
		IG	S_1	S_1	IG	S_1	S_1	IG	S_1	S_1
CMS 14C	σ^2_F	0,2091	0,1456	0,2109	182,0804	218,1141	287,3021	137,0293	172,1870	242,5756
	σ^2_G	0,0669	0,0631	0,0975	100,6212	117,5888	45,8953	55,5702	71,6617	32,8214
	σ^2_A	0,0891	0,0505	0,0780	201,2423	117,5888	45,8953	111,1403	71,6617	32,8214
CMS 23	σ^2_F	0,1692	0,1258	0,1777	280,2270	255,0181	386,2503	172,1224	181,3876	250,3383
	σ^2_G	0,0405	0,0315	0,0397	184,0332	148,2283	135,9790	75,9286	74,5977	55,6359
	σ^2_A	0,0540	0,0252	0,0317	368,0663	148,2283	135,9790	151,8571	74,5977	55,6359
São José	σ^2_F	0,2185	0,1842	0,1970	215,7309	357,6146	400,8127	188,1505	218,6163	360,2802
	σ^2_G	0,0541	0,1000	0,0725	104,8972	225,1377	92,7790	77,3168	86,1395	104,6767
	σ^2_A	0,0722	0,0800	0,0580	209,7943	225,1377	92,7790	154,6336	86,1395	104,6767

3

3

Tabela 17. Estimativas de variância fenotípica (σ^2_F), variância genética entre progênies (σ^2_G) e variância genética aditiva (σ^2_A) para os caracteres avaliados, obtidas ao nível de médias através de análises agrupadas por população, de experimentos com progênies S₁ conduzidos em Piracicaba – SP, no ano agrícola de 1997/1998.

Populações		PGc	NE	RL1	RL2	CE	DE
CMS 14C	σ^2_F	0,1418	9,2931	0,5389	0,5114	16,3938	0,5389
	σ^2_G	0,0684	4,4525	0,0969	0,0654	10,8088	0,0969
	σ^2_A	0,0547	4,4525	0,0969	0,0654	10,8088	0,0969
CMS 23	σ^2_F	0,1165	10,2976	0,2735	0,3133	17,0566	0,7023
	σ^2_G	0,0299	4,4134	0,0435	0,0303	9,6523	0,2964
	σ^2_A	0,0239	4,4134	0,0435	0,0303	9,6523	0,2964
São José	σ^2_F	0,1368	8,1449	0,2478	0,1840	11,7364	0,4391
	σ^2_G	0,0509	2,4447	0,0069	0,0079	6,1798	0,1884
	σ^2_A	0,0407	2,4447	0,0069	0,0079	6,1798	0,1884

Tabela 18. Estimativas de herdabilidade (h^2_m) ao nível de médias, coeficiente de variação genético (CVg) e índice de variação (b), obtidas através da análise agrupadas por população de experimentos com progênies S₁ e irmãos germanos (IG) conduzidos em Rio Verde – GO (RV) e Piracicaba – SP (P), nos anos agrícolas de 1996/1997 e 1997/1998.

Populações		PEc			AP			AE		
		RV		P	RV		P	RV		P
		IG	S ₁	S ₁	IG	S ₁	S ₁	IG	S ₁	S ₁
CMS 14C	h^2_m	0,3198	0,4332	0,4623	0,5526	0,5391	0,1597	0,5387	0,5892	0,1353
	CVg	10,8057	14,4972	11,7015	4,9834	6,2778	3,4545	7,2564	9,8940	5,1680
	b	0,6925	0,8792	0,9554	1,1354	1,0796	0,3953	1,0819	1,1935	0,3953
CMS 23	h^2_m	0,2392	0,2506	0,2232	0,6567	0,5812	0,3520	0,5613	0,5992	0,2222
	CVg	9,6563	11,9513	8,5088	8,0584	7,0484	6,5803	11,2916	13,5406	8,4889
	b	0,7148	0,5826	0,5393	1,3827	1,2122	0,5125	1,1389	1,2233	0,5125
São José	h^2_m	0,2477	0,5431	0,3679	0,4862	0,6296	0,2315	0,5398	0,5382	0,2905
	CVg	9,7178	18,7964	12,1853	4,6794	8,0416	1,2634	7,2506	9,2849	6,9264
	b	0,5805	1,1143	0,7695	1,0327	1,3089	0,1733	1,0826	1,0796	0,6375

Tabela 19. Estimativas de herdabilidade (h^2_m) ao nível de médias, coeficiente de variação genético (CVg) e índice de variação (b), obtidas através da análise agrupadas por população de experimentos com progênies S_1 conduzidos em Piracicaba – SP (P), no ano agrícola de 1997/1998.

Populações		PGc	NE	RL1	RL2	CE	DE
	h^2_m	0,4825	0,4791	0,1798	0,1280	0,6593	0,1798
CMS 14C	CVg	12,8262	18,2206	13,9427	11,0609	19,8155	6,5423
	b	1,0026	0,9558	0,4648	0,3829	3,1232	1,0411
	h^2_m	0,2564	0,4286	0,1591	0,0968	0,5659	0,4220
CMS 23	CVg	9,5502	20,8663	12,1853	10,3474	19,0173	12,8640
	b	0,5904	0,8693	0,3641	0,3268	2,5578	1,9097
	h^2_m	0,3722	0,3002	0,0280	0,0428	0,5266	0,4290
São José	CVg	13,0106	12,7045	4,7681	5,6423	14,5859	9,7647
	b	0,7760	0,6546	0,1720	0,2143	2,3570	1,9532

Tabela 20. Estimativas do Progresso Esperado com a Seleção (GS%) após uma geração de autofecundação (S_1) e progênies de irmãos germanos, considerando uma intensidade de seleção de 20%, nas populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José, para os caracteres Peso de Espigas corrigido (PEc), Altura da Planta (AP) e Altura da Espiga (AE) em experimentos conduzidos em Rio Verde – GO (RV) e Piracicaba – SP (P), nos anos agrícolas de 1996/1997 e 1997/1998, respectivamente.

Populações	PEc			AP			AE		
	RV		P	RV		P	RV		P
	IG	S_1	S_1	IG	S_1	S_1	IG	S_1	S_1
CMS 14C	8,55	13,36	11,14	5,19	10,63	1,93	7,46	6,45	2,95
CMS 23	6,61	8,37	5,63	9,14	7,52	5,47	11,84	9,36	4,92
São José	6,77	19,39	10,35	7,46	8,93	2,69	4,57	9,53	7,72

Tabela 21. Estimativas do Progresso Esperado com a Seleção (GS) após uma geração de autofecundação (S_1), considerando uma intensidade de seleção de 20%, nas populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José, para caracteres avaliados em experimentos conduzidos em Piracicaba – SP, no ano agrícola de 1997/1998.

Populações	PGc	NE	RL1	RL2	CE	DE
CMS 14C	12,47	17,65	8,28	5,54	22,52	3,88
CMS 23	6,77	19,12	6,80	4,51	20,03	11,70
São José	11,11	9,74	1,12	1,63	14,82	8,95

Tabela 22. Valores médios ($\bar{X}$) obtidos nos Topcrosses (T_{ij}), Testemunha Suscetível (TS) e População Original das populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José (SJ), para as características avaliadas em experimentos conduzidos em Piracicaba – SP, no ano agrícola de 1998/1999.

TC		PEc (Kg/par)	RL1	RL2	AP (cm)	AE (cm)	NE	QUE	AC	EST
1 x 2'	T12	2,36	1,78	2,10	204,20	110,07	12,49	5,08	1,41	12,49
	P ₀₂	1,55	1,74	2,06	200,00	102,22	8,89	5,56	1,78	10,78
	TS	2,02	3,27	3,80	200,00	97,78	6,00	2,33	0,33	6,44
2 x 1'	T21	2,45	1,96	2,41	198,03	105,47	13,64	3,22	1,97	11,78
	P ₀₁	2,37	1,47	1,76	194,44	98,89	12,56	3,67	1,56	10,89
	TS	2,41	3,39	3,76	186,67	98,89	6,00	1,11	0,11	5,11
1 x 3'	T13	2,14	2,23	2,55	230,80	133,20	12,49	5,91	1,76	11,66
	P ₀₃	1,38	2,20	2,57	233,33	141,11	7,22	6,56	1,56	10,44
	TS	1,71	3,72	3,93	237,78	134,44	5,00	2,22	1,00	6,33
3 x 1'	T31	2,58	1,99	2,23	220,73	124,00	14,07	3,27	0,33	13,45
	P ₀₁	1,88	1,91	2,12	202,22	110,00	10,89	3,78	2,56	11,00
	TS	2,02	3,17	3,63	211,11	115,56	7,11	0,78	0,33	6,78
2 x 3'	T23	2,19	1,55	1,93	235,07	131,00	12,49	5,91	1,76	11,66
	P ₀₃	1,58	1,49	1,71	227,78	142,22	8,24	5,00	1,15	6,22
	TS	1,59	3,17	2,52	217,78	117,78	7,23	2,56	1,00	4,00
3 x 2'	T32	2,20	2,04	2,27	214,83	121,20	12,49	4,58	3,98	11,53
	P ₀₂	1,89	1,99	2,27	212,22	122,22	9,78	4,11	3,67	9,78
	TS	2,07	3,03	3,31	226,67	134,44	5,56	0,89	2,67	6,00

TS – testemunha suscetível (Piranão VD)

P₀ – População original (Parental masculino)

Tabela 23. Amplitudes (MIN e MAX), desvio padrão da média (s) e coeficiente de variação experimental (CVe) obtidos nos Topcrosses das populações CMS 14C, CMS 23 e Composto São José (SJ), para todas características avaliadas, em experimentos conduzidos em Piracicaba - SP, no ano agrícola de 1998/1999.

Pesos e número de espigas (PE e NE)

		1 x 2'		2 x 1'		1 x 3'		3 x 1'		2 x 3'		3 x 2'	
		PE	NE	PE	NE	PE	NE	PE	NE	PE	NE	PE	NE
Amplitude	MIN	1,90	9,67	1,80	8,00	1,65	8,67	1,97	9,00	1,94	8,67	1,31	7,67
	MAX	2,82	15,00	3,03	19,00	2,88	16,33	3,50	18,00	2,57	16,33	3,04	14,67
	S	0,34	2,27	0,34	2,15	0,45	2,60	0,41	2,13	0,28	2,60	0,40	2,30
	CVe	14,51	18,18	14,06	15,73	21,12	22,30	15,75	14,07	13,12	22,29	18,21	19,94

Alturas da planta e da espiga (AP e AE)

		1 x 2'		2 x 1'		1 x 3'		3 x 1'		2 x 3'		3 x 2'	
		AP	AE	AP	AE	AP	AE	AP	AE	AP	AE	AP	AE
Amplitude	MIN	183,3	90,0	120,0	60,0	186,7	96,7	120,0	50,0	186,7	96,7	186,7	90,0
	MAX	226,7	130,0	260,0	160,0	253,3	156,7	300,0	180,0	266,7	160,0	243,3	150,0
	S	18,44	14,68	21,57	16,45	32,52	25,41	24,30	20,93	31,47	24,80	22,73	18,33
	CVe	9,03	13,33	10,89	15,60	14,09	19,08	11,01	16,88	13,39	18,52	10,58	15,13

Avaliações para resistência a lagarta do cartucho aos 7 e 14 dias após a infestação artificial (RL1 e RL2)

		1 x 2'		2 x 1'		1 x 3'		3 x 1'		2 x 3'		3 x 2'	
		RL1	RL2	RL1	RL2	RL1	RL2	RL1	RL2	RL1	RL2	RL1	RL2
Amplitude	MIN	1,20	1,33	0,43	1,07	1,60	1,87	1,20	1,33	0,77	1,33	1,40	1,40
	MAX	2,70	3,0	2,80	3,4	3,17	3,63	2,93	3,23	2,63	2,97	3,13	3,53
	S	0,68	0,59	0,73	0,80	0,69	0,69	0,61	0,64	0,68	0,65	0,68	0,70
	CVe	38,46	28,22	37,04	33,24	30,83	27,06	30,66	29,08	43,76	33,58	33,22	30,99

Tabela 24. Estimativas de quadrados médios (QM) e coeficientes de variação experimental (Cve) obtidos das análises individuais dos topcrosses das populações CMS 14C (1), CMS 23 (2) e Composto São José (3) para os caracteres avaliados em experimentos conduzidos em Piracicaba - SP, no ano agrícola de 1998/1999.

Topcrosses	FV	GL	PEc	RL1	RL2	AP	AE	NE
1 x 2'	T12's	49	0,1567ns	0,4752ns	0,4083ns	392,58ns	294,54ns	5,2278ns
	Erro Médio	98	0,1171	0,4662	0,3524	340,1633	215,5242	5,1596
	Cve (%)		14,5061	38,4601	28,2228	9,0321	13,3381	18,1815
2 x 1'	T21's	49	0,2264**	0,8570*	1,0687*	588,32ns	336,75ns	8,4332**
	Erro Médio	98	0,1189	0,5278	0,6430	465,0663	270,7590	4,6091
	Cve (%)		14,0611	37,0394	33,2368	10,8898	15,6019	15,7396
1 x 3'	T13's	49	0,2514ns	0,5019ns	0,5577ns	670,15ns	506,06ns	9,2517ns
	Erro Médio	98	0,2051	0,4742	0,4764	1057,29	645,6607	6,7672
	Cve (%)		21,1177	30,8331	27,0594	14,0884	19,0765	22,2976
3 x 1'	T31's	49	0,3982**	0,5168ns	0,5208ns	477,93ns	369,25ns	5,7726ns
	Erro Médio	98	0,1650	0,3728	0,4208	590,6021	438,1123	4,5237
	Cve (%)		15,7532	30,6611	29,0799	11,0098	16,8799	15,1129
2 x 3'	T23's	49	0,0821ns	0,7095*	0,4850ns	824,81ns	495,57ns	10,2470ns
	Erro Médio	98	0,0827	0,4573	0,4217	990,2449	588,8036	5,8956
	Cve (%)		13,1236	43,7608	33,5786	13,3869	18,5231	22,2968
3 x 2'	T32's	49	0,2525*	0,7114*	0,8125*	482,39ns	380,62ns	7,6735*
	Erro Médio	98	0,1608	0,4605	0,4939	516,8674	336,3418	5,2886
	Cve (%)		18,2090	33,2225	30,9863	10,5825	15,1317	19,9395

**, * - significativo aos níveis de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

ns - não significativo

Tabela 25. Quadrados médios (QM) obtidos da análise de variância incluindo os topcrosses recíprocos e os testadores das populações CMS 14C (1), CMS 23 (2) e Composto São José (3) para os caracteres avaliados em experimentos conduzidos em Piracicaba - SP, no ano agrícola de 1998/1999.

Fonte	GL	PEc	RL1	RL2
Blocos	2	-	-	-
Tratamentos	302	0,2571**	0,7698**	0,7544**
topcrosses	299	0,1441**	0,7557**	0,7437**
A x B	49	0,1567ns	0,4752**	0,4083ns
B x A	49	0,2264**	0,8570ns	1,0687*
A x C	49	0,2514ns	0,5019ns	0,5577ns
C x A	49	0,3982**	0,5168ns	0,5208ns
B x C	49	0,0821ns	0,7095*	0,4850ns
C x B	49	0,2525**	0,7114*	0,8125*
Entre grupos	5	3,2848**	8,4556*	7,5410**
entre conjuntos	2	6,0735**	8,2717*	6,592**
entre	3	0,2279*	0,628ns	0,6422ns
grupos/conjuntos				
Parentais vs	1	0,1672ns	2,2015**	1,9652**
topcrosses				
entre Populações	2	0,2714**	2,6768**	2,179**
Parentais				
Erro	600	0,1344	0,4914	0,5083

**, * - significativo aos níveis de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

ns - não significativo

X' - população parental

Tabela 26. – Estimativas dos Quadrados Médios (QM) das análises de variância de Topcrosses de linhagens S₂ das populações CMS 14C (1), CMS 23 (2) e Composto São José (3) com as respectivas populações originais, para os caracteres avaliados em experimentos conduzidos em Piracicaba - SP, no ano agrícola de 1998/1999.

CMS 14C						
FV	GL	PEc	RL1	RL2	AP	AE
Testadores (T)	1	1,1496**	5,2537**	4,9970**	17688,8936**	13378,7161**
Linhagens	49	0,0761ns	0,1293ns	0,1216ns	185,6003ns	148,1834ns
(TxL)	49	0,0516ns	0,1959ns	0,2008ns	168,6483ns	118,6879ns
Erro	49	0,0562	0,1430	0,1630	256,6579ns	108,3454
Linhagens/T2	49	0,0456ns	0,1584ns	0,1366ns	130,8654ns	98,1820ns
Linhagens/T3	49	0,0821*	0,1668ns	0,1859ns	223,3832ns	168,6893*
CMS23						
FV	GL	PEc	RL1	RL2	AP	AE
Testadores (T)	1	1,6936**	4,4525**	5,7303**	34286,4846**	16298,7863**
Linhagens	49	0,0605ns	0,2755*	0,2884ns	241,1566ns	172,2599*
(TxL)	49	0,0405ns	0,2391ns	0,2296ns	229,8920ns	105,1839ns
Erro	49	0,0520	0,1754	0,2277	418,2832	119,0038
Linhagens/T1	49	0,0739*	0,2782*	0,3562*	196,1107ns	112,2503ns
Linhagens/T3	49	0,0272ns	0,2365ns	0,1618ns	274,9379ns	165,1934ns
Composto São José						
FV	GL	PEc	RL1	RL2	AP	AE
Testadores (T)	1	3,5457**	0,0668ns	0,0348ns	870,2500**	196,0056**
Linhagens	49	0,1096ns	0,2066*	0,2072ns	191,7019*	106,1585**
(TxL)	49	0,1029ns	0,2031*	0,2372*	128,4124ns	130,4673**
Erro	49	0,1123	0,1368	0,1652	121,4002	48,6713
Linhagens/T1	49	0,1300*	0,1726ns	0,1736ns	159,3150ns	109,7500**
Linhagens/T2	49	0,0825ns	0,2371**	0,2709*	160,7993ns	126,8758**

**, * - significativo aos níveis de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

ns – não significativo

Tabela 27. Estimativas de variância genética aditiva dos cruzamentos “per se” (σ^2_{Axy}) e interpopulacional ($\sigma^2_{A(xy)}$) para os caracteres avaliados, obtidas ao nível de médias através de análises de variância, de experimentos com Topcrosses entre linhagens S₂ das populações CMS 14C (1), CMS 23 (2) e Composto São José (3) e as respectivas populações originais, conduzidos em Piracicaba – SP (P), no ano agrícola de 1998/1999.

Variância aditiva dos cruzamentos “per se”					
Topcrosses	PEc	RL1	RL2	AP	AE
σ^2_{A12}	0,0058	0,0013	0,0082	7,6443	11,5240
$\sigma^2_{A21'}$	0,0157	0,0480	0,0621	17,9755	9,6237
$\sigma^2_{A13'}$	0,0068	0,0040	0,0119	26,6565	7,0027
σ^2_{A31}	0,0340	0,0210	0,0146	9,5817	6,9541
σ^2_{A23}	0,0029	0,0368	0,0092	40,3347	10,8060
σ^2_{A32}	0,0134	0,0366	0,0465	23,7283	6,4583
Variância aditiva interpopulacional					
$\sigma^2_{A(12)}$	0,0107	0,0247	0,0351	12,8099	10,5738
$\sigma^2_{A(13)}$	0,0204	0,0125	0,0132	18,1191	6,9784
$\sigma^2_{A(23)}$	0,0081	0,0367	0,0278	32,0315	8,6322

Tabela 28. Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) para os testadores (CMS 14C – 1, CMS 23 – 2 e Composto São José – 3) obtidas em experimentos com topcrosses de linhagens S₂ das respectivas populações, conduzidos em Piracicaba – SP, no ano agrícola de 1998/1999.

Linhagens S ₂	Testador	PE	RL1	RL2	AP	AE
1	2	0,1072ns	-0,2292ns	-0,2235ns	-13,3000ns	-11,5666ns
	3	-0,1072*	0,2292ns	0,2235ns	13,3000ns	11,5666*
2	1	0,1301*	0,2110*	0,2394*	-18,5166ns	-12,7667ns
	3	-0,1301ns	-0,2110ns	-0,2394ns	18,5166ns	12,7667ns
3	1	0,1883*	-0,0259ns	-0,0187ns	2,9500ns	1,4000**
	2	-0,1883ns	0,0258**	0,0187*	-2,9500ns	-1,4000**

Tabela 29. Estimativas de capacidade geral de combinação para as 10 melhores linhagens S_2 da população CMS 14C, obtidas em experimentos com topcrosses, conduzidos em Piracicaba – SP, no ano agrícola de 1998/1999.

PE	L	RL1	L	RL2	L	AP	L	AE	L
0,4358	$\hat{I}_{18}$	-0,5545	$\hat{I}_{22}$	-0,561	$\hat{I}_7$	-22,5000	$\hat{I}_{43}$	-18,2998	$\hat{I}_{48}$
0,4243	$\hat{I}_1$	-0,4615	$\hat{I}_{38}$	-0,494	$\hat{I}_{22}$	-18,3335	$\hat{I}_{48}$	-13,2998	$\hat{I}_{10}$
0,3153	$\hat{I}_{22}$	-0,4545	$\hat{I}_7$	-0,377	$\hat{I}_4$	-17,5000	$\hat{I}_{21}$	-11,6333	$\hat{I}_{21}$
0,3043	$\hat{I}_{49}$	-0,3545	$\hat{I}_3$	-0,361	$\hat{I}_{24}$	-14,1670	$\hat{I}_{10}$	-11,6333	$\hat{I}_{28}$
0,2998	$\hat{I}_{14}$	-0,3380	$\hat{I}_4$	-0,361	$\hat{I}_{38}$	-14,1665	$\hat{I}_{39}$	-11,6333	$\hat{I}_{35}$
0,2263	$\hat{I}_{27}$	-0,3380	$\hat{I}_8$	-0,327	$\hat{I}_{36}$	-12,5000	$\hat{I}_{28}$	-9,9668	$\hat{I}_5$
0,2148	$\hat{I}_2$	-0,3045	$\hat{I}_6$	-0,311	$\hat{I}_1$	-12,5000	$\hat{I}_{37}$	-8,2998	$\hat{I}_{13}$
0,1623	$\hat{I}_8$	-0,3045	$\hat{I}_{24}$	-0,311	$\hat{I}_6$	-9,1665	$\hat{I}_{16}$	-8,2998	$\hat{I}_{16}$
0,1503	$\hat{I}_{25}$	-0,3045	$\hat{I}_{15}$	-0,310	$\hat{I}_3$	-9,1665	$\hat{I}_{33}$	-8,2998	$\hat{I}_{29}$
0,1458	$\hat{I}_{50}$	-0,2210	$\hat{I}_{36}$	-0,211	$\hat{I}_{15}$	-9,1665	$\hat{I}_{40}$	-6,6333	$\hat{I}_7$

Tabela 30. Estimativas de capacidade geral de combinação para as 10 melhores linhagens S_2 da população CMS 23, obtidas em experimentos com topcrosses, conduzidos em Piracicaba – SP, no ano agrícola de 1998/1999.

PE	L	RL1	L	RL2	L	AP	L	AE	L
0,456	$\hat{I}_{12}$	-0,940	$\hat{I}_{38}$	-0,807	$\hat{I}_{35}$	-29,883	$\hat{I}_{43}$	-19,900	$\hat{I}_{10}$
0,339	$\hat{I}_{18}$	-0,773	$\hat{I}_5$	-0,807	$\hat{I}_{38}$	-24,883	$\hat{I}_{10}$	-14,900	$\hat{I}_{17}$
0,321	$\hat{I}_{45}$	-0,573	$\hat{I}_{25}$	-0,790	$\hat{I}_{42}$	-21,550	$\hat{I}_{33}$	-13,233	$\hat{I}_{48}$
0,292	$\hat{I}_{44}$	-0,573	$\hat{I}_{16}$	-0,756	$\hat{I}_5$	-19,883	$\hat{I}_{21}$	-11,567	$\hat{I}_{16}$
0,266	$\hat{I}_1$	-0,556	$\hat{I}_{46}$	-0,540	$\hat{I}_{36}$	-13,217	$\hat{I}_{17}$	-11,567	$\hat{I}_{20}$
0,253	$\hat{I}_{27}$	-0,490	$\hat{I}_{42}$	-0,456	$\hat{I}_{43}$	-13,216	$\hat{I}_{41}$	-11,567	$\hat{I}_{43}$
0,231	$\hat{I}_{25}$	-0,456	$\hat{I}_{15}$	-0,423	$\hat{I}_1$	-9,883	$\hat{I}_{19}$	-9,900	$\hat{I}_{38}$
0,214	$\hat{I}_{22}$	-0,440	$\hat{I}_1$	-0,406	$\hat{I}_{15}$	-9,883	$\hat{I}_{20}$	-9,900	$\hat{I}_{18}$
0,184	$\hat{I}_{49}$	-0,440	$\hat{I}_{36}$	-0,390	$\hat{I}_{16}$	-9,883	$\hat{I}_{16}$	-9,067	$\hat{I}_{33}$
0,120	$\hat{I}_{10}$	-0,439	$\hat{I}_2$	-0,373	$\hat{I}_{46}$	-9,883	$\hat{I}_{18}$	-8,233	$\hat{I}_{21}$

Tabela 31. Estimativas de capacidade geral de combinação para as 10 melhores linhagens S₂ da população Composto São José, obtidas em experimentos com topcrosses, conduzidos em Piracicaba – SP, no ano agrícola de 1998/1999.

PE	L	RL1	L	RL2	L	AP	L	AE	L
0,600	$\hat{I}_{24}$	-0,683	$\hat{I}_{16}$	-0,649	$\hat{I}_{46}$	-24,450	$\hat{I}_9$	-20,933	$\hat{I}_{12}$
0,433	$\hat{I}_{10}$	-0,550	$\hat{I}_{46}$	-0,616	$\hat{I}_{16}$	-17,783	$\hat{I}_3$	-15,934	$\hat{I}_5$
0,365	$\hat{I}_{16}$	-0,484	$\hat{I}_{42}$	-0,499	$\hat{I}_{33}$	-17,783	$\hat{I}_5$	-12,600	$\hat{I}_{31}$
0,360	$\hat{I}_{18}$	-0,467	$\hat{I}_{38}$	-0,482	$\hat{I}_{15}$	-17,783	$\hat{I}_8$	-10,933	$\hat{I}_{26}$
0,334	$\hat{I}_{14}$	-0,450	$\hat{I}_{16}$	-0,433	$\hat{I}_1$	-16,117	$\hat{I}_{12}$	-9,267	$\hat{I}_3$
0,333	$\hat{I}_{22}$	-0,417	$\hat{I}_{19}$	-0,433	$\hat{I}_{42}$	-16,117	$\hat{I}_{31}$	-9,267	$\hat{I}_{49}$
0,317	$\hat{I}_{17}$	-0,359	$\hat{I}_{15}$	-0,416	$\hat{I}_{19}$	-11,117	$\hat{I}_{27}$	-7,600	$\hat{I}_{19}$
0,267	$\hat{I}_{41}$	-0,333	$\hat{I}_{33}$	-0,366	$\hat{I}_6$	-7,783	$\hat{I}_{40}$	-7,600	$\hat{I}_{38}$
0,266	$\hat{I}_{18}$	-0,317	$\hat{I}_1$	-0,366	$\hat{I}_{38}$	-6,117	$\hat{I}_7$	-5,934	$\hat{I}_8$
0,243	$\hat{I}_{25}$	-0,300	$\hat{I}_7$	-0,333	$\hat{I}_7$	-6,117	$\hat{I}_{13}$	-5,934	$\hat{I}_9$