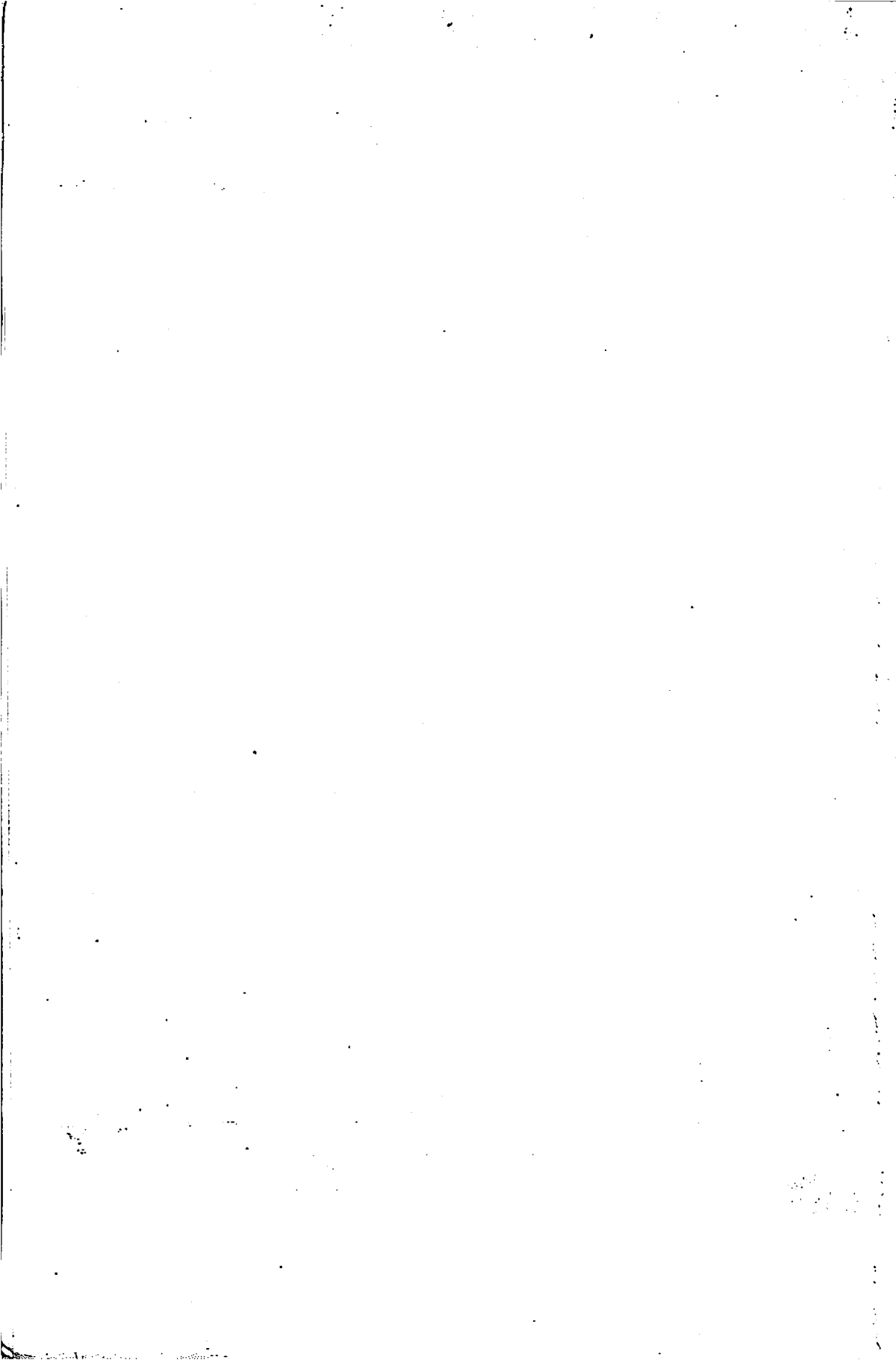


**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SUA
RELAÇÃO COM OS CRUZAMENTOS
DIALÉICOS NA CULTURA DO MILHO**

SANDRO RICARDO FUZATTO

1999



SANDRO RICARDO FUZATTO

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SUA RELAÇÃO COM OS
CRUZAMENTOS DIALÉLICOS NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas para obtenção do título de Mestre.

Orientador
Dr. Daniel Furtado Ferreira

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
1999

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Fuzatto, Sandro Ricardo

Divergência genética e sua relação com os cruzamentos dialélicos na cultura do milho / Sandro Ricardo Fuzatto. -- Lavras : UFLA, 1999.

65 p. : il.

Orientador: Daniel Furtado Ferreira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Heterose. 3. Divergência genética. 4. Análise multivariada. 5. **Dialelo**. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.153

SANDRO RICARDO FUZATTO

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SUA RELAÇÃO COM OS
CRUZAMENTOS DIALÉLICOS NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de Janeiro de 1999

Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho UFLA

Prof. Dr. : Júlio Sílvio de Sousa Bueno Filho UFLA



Dr. Daniel Furtado Ferreira
Universidade Federal de Lavras
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

À GLORIA DE DEUS

ÀOS MEUS PAIS ANTONIO E DALVA;

À MINHA ESPOSA LILIAN RAQUEL;

AOS MEUS IRMÃOS CELSO E CESAR;

À MINHA CUNHADA ROSANA PALAURO;

E AO MEU SOBRINHO GUSTAVO.

DEDICO

“Jesus Cristo é o mesmo ontem, hoje e eternamente” He; 13:8

“Eu sou o alfa e o Ômega, o primeiro e o último, o princípio e o fim. Bem aventurados aqueles que lavam suas vestes no sangue do cordeiro para que tenham direito à árvore da vida, e possam entrar na cidade pelas portas. Ficarão de fora os cães, os feiticeiros, os adúlteros, os homicidas, os idolatras, e todo aquele que ama e pratica a mentira” Apoc. 22:13-15

“Disse Jesus: Eu sou a porta. Todo aquele que entrar por mim salvar-se-a. Entrará e sairá, e achará pastagens. O ladrão só vem para matar roubar e destruir; Eu vim para que tenham vida, e a tenham em abundância” Jo 10:9-10.

AGRADECIMENTOS

À DEUS pela minha salvação em Jesus Cristo e por ter-me feito bem aventurado em tudo. Sem DEUS nada do que foi feito seria possível.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq), pela concessão da bolsa

Ao professor Daniel Furtado Ferreira pelo excelente exemplo como orientador, pesquisador e amigo.

Ao professor e educador Magno Antônio Patto Ramalho, pelos ensinamentos e exemplos transmitidos; pela orientação e estímulo.

Aos professores João Bosco dos Santos, Cesar Brasil, Elaine Aparecida e João Candido, pela amizade e ensinamentos transmitidos

Ao amigo Pedro Hélio Estevam Ribeiro pela Co-orientação e apoio , e a toda sua família (Meires, Pedro Junior e Yasmin), a qual aprendi amar e respeitar.

Aos demais colegas e amigos do curso de Genética e Melhoramento de Plantas: Aurélio, Oswaldo, Moacil, Angela, Hélia, Flavia, Carlota, Oneida,, João Luís, Paulinho, Giovane, Hércules, Ceará, Dyeme, Luiz Henrique, Vilacildo, Leonardo, Claudomiro, Jair, André Ramalho, André Atroch e Francislei.

Ao Pastor João Dias e a sua esposa Pastora Talita, ao Eduardo e Marcia, e à todos os irmãos da Igreja do Evangelho Quadrangular de Lavras, dos quais sentirei saudades.

Aos meus amigos e irmãos Marcos Libório e Liliana Aliberti pelas orações e exemplo de vida Cristã.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Escolha de populações.....	3
2.2 Divergência Genética.....	5
2.3 Heterose em milho.....	8
2.4 Métodos multivariados.....	12
2.4.1 Análise de variância multivariada.....	12
2.4.2 Métodos de agrupamento.....	13
2.4.3 Variáveis canônicas	14
2.4 Dialelos.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	26
5 CONCLUSÃO.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

RESUMO

FUZATTO, Sandro Ricardo. **Divergência Genética e sua relação com os cruzamentos dialélicos na cultura do milho.** Lavras: UFLA, 1999. 62p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).*

Em um programa de melhoramento de milho, visando a produção de híbridos, normalmente escolhe-se populações que apresentam altas capacidade de combinação ou heterose. As informações sobre a divergência genética entre os cultivares de milho utilizados no Sul do Estado de Minas Gerais são bastante restritas. Este estudo foi realizado com os seguintes objetivos: verificar se existe divergência genética entre essas cultivares de milho e verificar se as informações fornecidas pelos métodos multivariados no estudo de divergência genética em milho, são semelhantes aos do cruzamento dialélicos. Para isso foi realizado um cruzamento dialélico envolvendo 25 cultivares utilizados no Sul de Minas Gerais. Das 300 combinações híbridas possíveis, foram obtidas 264, devido a não coincidência da floração e do número reduzido de sementes produzidos em alguns cruzamentos. Esses híbridos foram avaliados juntamente com os genitores num látice simples 17×17 em dois locais. O cruzamento dialélico foi analisado pelo método IV de Griffing (1956), onde foram estimadas a capacidade geral e específica de combinação pelo método dos quadrados mínimos. Foram tomada medidas de 12 caracteres agronomicos e morfológicos para cada genitor. Os dados foram submetidos a análise de variância multivariada conjunta e agrupados pelo método hierárquico do vizinho mais próximo, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis. A análise de variância multivariada, utilizando-se o critério de Wilks, apresentou significância para os genitores e para locais ($p < 0,01$), contudo a interação locais \times genitores foi não significativa. O mesmo resultado foi observado na análise univariada. Detectou-se diferença significativa entre a capacidade geral e específica de combinação ($p < 0,01$), porém o contraste de genitores e híbridos foi não significativo. A análise multivariada permitiu formar seis grupos divergentes. Nem todas as distâncias estimadas pela análise multivariada apresentaram-se compatíveis com os resultados da análise dialélica, havendo coincidência somente entre as trinta combinações híbridas de maior heterose. A correlação entre a distância de Mahalanobis e a heterose, embora de baixa magnitude foi altamente significativa. A performance individual dos materiais mostrou-se uma boa estratégia para escolha de genitores, se associada a valores

*Comitê orientador: Daniel Furtado Ferreira - UFLA, Magno Antônio Patto Ramalho-UFLA, Pedro Hélio Estevam Ribeiro - Embrapa RR.

altos e positivos de CGC, como e o caso dos materiais AG-1051, C-333B e C-125, podendo estes serem usados em programas de melhoramento. A variedade Cristal mostrou-se bastante promissora para ser usada nos programas de melhoramento, porém possui fenótipos para altura de planta e de espiga, bem como para cor do grãos, indesejáveis. O uso de pequeno número de repetições ($r=2$) foi considerado como responsável pela baixa proporção de estimativas significativas de heterose e capacidade de combinação. Esse fato ressalta a importância de usar um maior número de repetições em trabalhos dessa natureza.

ABSTRACT

FUZATTO, Sandro Ricardo. **Genetic divergence and its relationship with diallel crosses in maize crop.** Lavras: UFLA, 1999. 62p. (Dissertation - Master in Plant Genetics and Breeding).*

In a maize breeding program aiming at hybrids production, in general, populations which present high specific combining ability or heterosis are chosen. The information about the genetic divergence among the maize cultivars utilized in the South of Minas Gerais State is quite restricted. This study was performed with the following objectives; to verify whether there is genetical divergence among those maize cultivars and verify whether the information furnished by the multivariate methods in the study of genetic divergence on maize is similar to those of the diallel crosses. So, a diallel cross involving 25 cultivars utilized in the South of Minas Gerais State. Out of the 300 possible hybrid combinations were obtained 264 due to non-coincidence of flowering and reduced the number of seeds set in some cross. Those hybrids were evaluated to along with the parents in a 17 x 17 simple lattice in two sites. The diallel crossing was analyzed by Griffing's method IV (1956), where both general and specific combining ability (GCA and SCA) by the least squared methods were estimated. The measures of 12 agronomical and morphological traits for each parent. The data were submitted the joint multivariate analysis of variance and clustered analysis for grouping parents using the hierarchical single linkage method and the generalized distance of Mahalanobis. Multivariate analysis of variance by utilizing Wilk's criterion presented significance for both parents and sites ($p < 0,01$), however the genotypes x environment interaction were not significant. The same result was observed in the univariate analysis for yield. Significant difference was detected among the general and specific combining ability ($p < 0,01$), but the contrast of parents and hibrids was not significant. Multivariate analysis allowed to buld six divergent groups. Not did all distances estimated by multivariate analysis prove compatible with the results of diallel analysis, there being coincidence only among the thirty hybrid combinations of greatest heterosis. The correlation between Mahalanobis distance and heterosis although of low magnitude, was highly significant. The individual performance of the materials proved a good strategy for choosing parents, if associated with high and positive values of GCA as it is the case of the materials AG-1051, C-333B and C-125. The variety Cristal proved quite promissing to be studied in a brreding programs but it possesses unwanted phenotypes for plant and ear height

*Guidance Committee: Daniel Furtado Ferreira - UFLA (Adviser), Magno Antônio Patto Ramalho-UFLA, Pedro Hélio Estevam Ribeiro - Embrapa RR.

as well grain color .Use of small number of replications ($r=2$) was regarded responsible for poor proportion of significant estimatives of heterosis and specific combining ability. This facts stands out the importance of using a greater number of replications in works of this sort.

1 INTRODUÇÃO

Entre as decisões que os melhoristas de plantas tomam constantemente, uma das mais importantes é a escolha das populações para um programa de seleção. Isso por que essa decisão deve ser a mais acertada, pois a substituição da população implica na perda do tempo e dos recursos destinados ao melhoramento. Uma escolha mal feita da população compromete todo trabalho de seleção que será realizado ao longo das gerações mesmo que não substitua a população, pois proporciona uma pequena variabilidade genética para o caráter a ser selecionado, diminuindo a chance de sucesso no programa.

No caso da cultura do milho, visando à produção de híbrido, normalmente, são escolhidas duas populações que sejam de grupos heteróticos distintos, isto é, que apresentem alta capacidade específica de combinação. A heterose ou a capacidade específica do cruzamento de duas populações depende da existência de dominância no controle do caráter e da diversidade (Falconer, 1981). Os efeitos de dominância no controle do caráter independe da população, já a diversidade é função das populações envolvidas.

Por essa razão, na escolha das populações com maior heterose, a alternativa é estimar a divergência entre elas. Para isso várias medidas de distâncias genéticas, estimadas a partir de padrões isoenzimáticos, bem como de caracteres morfológicos ou fisiológicos, análise de pedigrees e medidas de depressão endogâmica associados a medidas multivariadas podem ser utilizadas para estimar a divergência.

No município de Lavras como na maioria das regiões do Brasil há um grande número de cultivares sendo utilizado pelos agricultores, envolvendo híbridos simples, duplos e triplos; variedade de polinização livre e até mesmo em menor proporção, variedades primitivas mantidas pelos agricultores. É esperado que essas variedades primitivas tenham fixados diferentes alelos para

um mesmo loco gênico, o que aumenta a possibilidade dessas cultivares serem divergentes de outros materiais melhorados.

Como não há informação sobre a diversidade genética entre esses inúmeros materiais utilizados, esse trabalho foi realizado com a finalidade de verificar se existe divergência genética entre as cultivares utilizadas no Sul de Minas Gerais. Um segundo objetivo foi verificar se as informações fornecidas pelos métodos multivariados no estudo da divergência genética são semelhantes as do cruzamento dialélico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Escolha das populações

Para a escolha das populações num programa de melhoramento os melhoristas dispõem de diversas metodologias. Essas metodologias podem ser classificadas em duas categorias (Baenziger e Peterson, 1991). Na primeira delas, enquadram-se as metodologias que não necessitam de cruzamentos prévios, tais como, desempenho "per se" da população, coeficiente de parentesco e análise multivariada que visa estimar a divergência genética entre pares de materiais. Na Segunda, enquadram-se as que necessitam de cruzamentos prévios, como as dos cruzamentos dialélicos, a estimativa de $m + a$ e a proposta por Jinks e Pooni (1976).

A metodologia básica bastante empregada pelos melhoristas, visando à prevenção da variabilidade gerada no cruzamento é a do cruzamento dialélico. O termo dialelo tem sido utilizado para expressar um conjunto de $p(p-1)/2$ híbridos, resultante do acasalamento de p genitores (linhagens, variedade, clones etc.), podendo incluir, além dos respectivos genitores, os recíprocos e ou, outras gerações relacionadas, tais como, F_2 's, retrocruzamentos, etc. Nos dialelos é frequente a avaliação de p genitores e de todas as combinações híbridas. Assim quando o valor de p é elevado, a obtenção e o teste experimental de todas as combinações híbridas pode ser impraticável e o estudo inviabilizado (Cruz e Regazzi, 1997).

A produtividade média da população tem mostrado ser uma boa estratégia para a escolha das populações (Ferreira, 1993). Apesar desse método ser um dos mais utilizados, tem o inconveniente de não prever a variabilidade gerada no cruzamento, pois o fato de duas populações apresentarem média alta não implica que o híbrido entre eles irá gerar uma população segregante com

variabilidade suficiente para obter sucesso com a seleção (Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993).

A capacidade geral de combinação depende da diferença nas frequências alélicas das populações envolvidas e do tipo de ação gênica (efeitos aditivos e de dominância). Considerando um só loco, altas capacidades de combinação ocorrerão, em geral, para materiais com maior frequência de alelos favoráveis em relação à frequência alélica média dos p materiais utilizados, já a capacidade específica de combinação (CEC) só depende de efeitos de dominância. Sendo assim, a CEC será nula se houver ausência de dominância. Além disso, baixa CEC ocorrerá quando dois materiais forem semelhantes ou de pouca divergência genética, isto é, tiverem altas ou baixas frequências alélicas nos mesmos locos (Vencovsky, 1987).

A predição de compostos pode ser realizada a partir da expressão $\bar{M} = [X][Y]$, em que, \bar{M} é a média do composto da geração F1 do cruzamento entre os materiais X e Y. No entanto deve-se atentar para os seguintes pontos para que o processo de predição se aplique: o material cuja média \bar{M} esta sendo estimada não pode ser endogamo; os tipos de materiais para estimar \bar{M} deve estar em equilíbrio de Hardy-Weinberg; os efeitos gênicos epistáticos, ou interações não alélicas, devem ser desprezíveis ou inexistentes (Vencovsky, 1987). O mesmo autor destaca algumas considerações a respeito da viabilidade prática do processo, devido ao fato já comentado anteriormente, de que o processo requer um certo trabalho e recursos, pois envolve cruzamentos prévios e experimentação. Em se tratando, por exemplo, da substituição de uma das linhagens de um híbrido duplo, a responsabilidade é considerável e a linhagem nova a ser incorporada deve ser a melhor possível. Na síntese de um composto de base genética ampla para fins de seleção recorrente o processo e de utilidade secundária, pois envolve um grande número de materiais. Na síntese de compostos para seleção intrapopulacional ou seleção recorrente recíproca a

grande variabilidade gerada de um composto amplo não é vantajosa quando a estratégia de seleção é a médio ou a curto prazo. Assim, vale a pena sintetizar um composto já inicialmente com boa capacidade específica de combinação ou heterose e boas propriedades per se.

2.2 Divergência genética

Como já visto anteriormente, as populações podem ser escolhidas com base na sua capacidade específica de combinação (CEC) ou com base na heterose. Segundo Falconer (1981), a heterose é função dos efeitos de dominância dos genes (d) para o caráter em questão, e do quadrado da diferença das frequências alélicas dos genitores (Y^2), além dos efeitos epistáticos que, geralmente, são negligenciados. O mesmo autor considera que em se tratando de caracteres controlados por vários genes e considerando que o valor de "d" é o somatório dos efeitos de dominância de cada loco, pode-se deparar com casos onde exista dominância bidirecional, ou seja, alguns locos são dominantes em uma direção e outros em outra.

Apesar da expressão da CEC ser diferente da heterose, esta também é dependente da existência de dominância e da divergência genética. Segundo Vencovsky (1987) a expressão da CEC entre dois materiais (flint e dente), considerando um loco, é a seguinte:

$$CEC = 2[(\bar{p} - p_1)(r_1 - \bar{r})] d$$

em que:

\bar{p} : frequência alélica média da população flint;

p_1 : frequência alélica do genitor 1 da população flint;

\bar{r} : frequência alélica média da população dente;

r_1 : frequência alélica do genitor 1 da população dente;

Desta forma, verifica-se que a divergência genética é de fundamental importância para a expressão da heterose e da CEC. Assim sendo, para evitar o grande trabalho exigido nos dialelos, os melhoristas têm buscado formas alternativas para inferir a respeito da divergência genética. Para isso vários métodos multivariados podem ser aplicados no estudo da divergência genética, antes da realização de qualquer cruzamento. Dentre esses métodos, pode-se citar as análises multivariadas, das quais se destacam as técnicas dos componentes principais, das variáveis canônicas e dos métodos de agrupamento.

Os métodos de agrupamento diferem dos demais, em razão da dependência das medidas de dissimilaridade estimadas previamente, como as distância genética de Nei, distância genotípica de Hedrick, distância de Rogers, distância Euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis (D^2). Já o método dos componentes principais e também as variáveis canônicas têm o objetivo de avaliar a similaridade dos indivíduos através de uma dispersão gráfica (Cruz e Regazzi, 1997).

A divergência genética estimada pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2) tem-se mostrado viável para o uso em programas de melhoramento por hibridação (Ferreira et al., 1993), quando se utiliza caracteres morfológicos e estrutura de delineamento que permitem estimar a matriz de covariância residual considerada no seu cálculo.

Devido a grande importância da decisão na escolha das populações para iniciar um programa de seleção, torna-se fundamental que a estimativa dos métodos multivariados sejam concordantes com as do cruzamento dialélico. Assim sendo, vários trabalhos têm sido realizados no sentido de trazer maior segurança no uso da técnica pelos melhoristas, tais como, Ferreira, (1993) com milho; Dias e Kageyama (1997) com cacau; Miranda, (1988) com pimentão; Smith & Smith, (1989) com milho; Cruz, (1990) com milho e Miranda et al., (1998) com soja. Este último autor associou a diversidade genética, avaliada de

forma preditiva, com a média das combinações híbridas, heterose e capacidade de combinação, encontrando correlação de 0,48 entre a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e a produção média dos híbridos. A sua conclusão de que a divergência avaliada pela D^2 foi eficiente para prever a capacidade de combinação. Maluf (1983) encontrou correlação significativa entre a divergência e a heterose manifestada e para a capacidade específica de combinação dos híbridos tomate em cruzamento dialélico. Miranda et al., (1988) trabalhando com pimentão encontraram valores de correlação de 0,43 e 0,11 entre a divergência genética dos genitores com a produção total de frutos e com a heterose manifestada por seus respectivos híbridos. Smith e Smith (1987) encontraram valores de correlação de 0,43 e 0,35 para produção total de milho e para a heterose dos híbridos.

Embora tenha encontrado divergência genética, Ferreira (1993) encontrou coeficientes de correlação não significativa entre distância de Mahalanobis e CEC ($0,006^{ns}$) e significativa para distância de Mahalanobis e heterose ($0,389^{**}$), ambas de pequena magnitude, inferindo haver uma baixa previsibilidade entre os parâmetros multivariados e o comportamento dos híbridos. Um argumento utilizado pelo autor para este fato é decorrente da divergência manifestada, em sua maioria, ser devido à inclusão de uma cultivar não adaptada à região, portanto com média baixa. Neste caso, suas combinações híbridas, por não apresentarem adaptabilidade considerável, tinham desempenhos semelhantes.

Cruz (1990) obteve correlações de Pearson e de Spearman, elevadas entre a distância multivariada apresentada por cinco cultivares de milho e a capacidade específica de combinação, heterose e também com o desempenho dos híbridos, não só para a produção, caráter de maior interesse, mas para outros caracteres de importância para a cultura. Estes valores foram mais elevados do que os encontrados na maioria dos trabalhos da literatura. Há de se ressaltar que

as estimativas da divergência genética foi coincidente para vários métodos multivariados com correlações próximas da unidade entre as técnicas utilizadas.

O mesmo autor relata que a correlação entre a distância multivariada entre os genitores e o desempenho dos híbridos seriam mais interessantes na predição dos melhores cruzamentos, devido ao fato de se procurar, na prática, genitores que proporcionem os híbridos com maior produtividade. Os pares mais divergentes muitas vezes não conduzem aos híbridos mais produtivos ou com maior heterose e nem sempre estão associados aos pares que têm maiores estimativas de capacidade específica de combinação, pois o desempenho do híbrido é também dependente do desempenho individual dos seus genitores.

Escolher populações que estão isoladas geograficamente, pressupondo que possuem divergência genética, não tem sido um critério suficiente para garantir a divergência genética. Dobhal (1995) não encontrou relação linear entre distância genética e geográfica para os 65 genótipos de soja estudados. Resultados semelhantes foram encontrados por, Patil (1994), Paiva (1994) e Yadav (1996).

2.3 Heterose em milho

A manifestação da heterose em cruzamentos de variedades de milho foi relatada, inicialmente, por W.J. Beal, em 1880. Desde então vários trabalhos foram realizados com cruzamentos de variedades de polinização aberta, visando à quantificar a manifestação da heterose.

Um resumo desses trabalhos, realizados desde 1893 a 1977, é apresentado por Hallauer e Miranda Filho (1981). A partir de 611 variedades foram obtidos 1394 cruzamentos intervarietais e a heterose foi verificada para a característica de maior interesse econômico, produção. A heterose observada em relação à média dos pais foi de 19,5%, sendo que apenas em dois dos 47 trabalhos revisados, a média dos cruzamentos intervarietais ficou abaixo da

média dos parentais. Em um total de 1394 cruzamentos obtidos, apenas 160 não superaram a média dos pais que lhes originaram, ou seja, 11,5%. No caso da heterose calculada em relação ao pai mais produtivo (heterobelitose), os valores variaram de -9,9% a 43%, com média de 8,2%.

Outro resultado importante relatado nesse trabalho é um resumo das heteroses obtidas com relação à média dos pais e ao parental mais produtivo (Tabela 1A), separadas em seis diferentes categorias.

Observa-se que apesar do levantamento promovido por Hallauer e Miranda Filho (1981) ter incluído um número quase seis vezes maior de cruzamentos intervarietais do que o estudado por Richey (1922), os resultados obtidos foram praticamente os mesmos. A diferença mais marcante está entre a heterose média observada em relação ao parental mais produtivo, antes de 1932 (0,0%) e depois de 1955 (10,0%). Os autores sugerem que o fato da heterose ter sido de pequena magnitude antes de 1932 (apenas 53% dos cruzamentos excederam o valor do parental mais produtivo e desses, 24,3% excederam em apenas 5%) este foi o principal fator limitante no uso de cruzamentos intervarietais para a extração de linhagens endogâmicas visando à síntese de híbrido duplo. Estes baixos valores de heterose foram atribuídos aos testadores utilizados, normalmente os mesmos e altamente produtivos.

A partir de 1950, com o desenvolvimento da genética quantitativa e com o advento da seleção recorrente como método de melhoramento populacional, os cruzamentos entre variedades passaram a ter maior atenção dos melhoristas. Muitas das populações estudadas nos trabalhos levantados a partir dessa data já tinham sofrido pelo menos um ciclo de seleção recorrente e, além disso, os métodos utilizados para a quantificação da heterose já não se basearam em apenas um ou poucos testadores e sim, através das metodologias de análise dialélica que foram propostas nas décadas de 50 e 60. Todos esses fatores podem

ser os responsáveis pelo aumento da heterose em relação ao parental mais produtivo, observado no levantamento feito nos trabalhos depois de 1950.

Considerando a comparação desse mesmo parâmetro entre as populações originais e as melhoradas, observa-se que o aumento da heterose, no sentido das populações melhoradas, foi de apenas 2,8% (8,3% → 11,1%). Dessa forma, pode-se constatar que o emprego da seleção recorrente aumentou a média de produtividade das populações per se mas, praticamente, não influenciou na heterose obtida através do cruzamento entre as mesmas.

O termo grupo heterótico é comumente usado pelos melhoristas de milho, porém não se encontra nenhuma definição clara e objetiva do significado da expressão na literatura. Esse termo foi estabelecido empiricamente através da relação da heterose observada nos cruzamentos envolvendo diferentes cultivares de polinização aberta (Hallauer et al., 1988). Um outro fato importante citado por estes mesmos autores, refere-se ao fato de que grupos heteróticos "per se" não foram desenvolvidos no sentido evolutivo, porém é observado que sua existência esta altamente relacionada com a seleção, realizada no desenvolvimento das diferentes cultivares de polinização aberta.

Compreende-se então que esse termo tem um sentido importante para o melhorista no que diz respeito ao fato de que os cruzamentos entre grupos heteróticos distintos estarem altamente relacionados com a heterose.

A heterose pode ser expressa como porcentagem de aumento na expressão de uma característica avaliada na geração em relação ao valor médio dos genitores, ou até mesmo em relação ao pai mais desejável (Viégas e Miranda Filho, 1987), ou ainda, sobre a melhor testemunha (Suresh e Khanna, 1975).

Um trabalho que relata esse fato, foi conduzido por Crossa, Taba e Wellhausen (1990), onde foram cruzadas vinte e cinco raças de milho do germoplasma mexicano, visando a determinar a performance de diferentes cruzamentos interraciais. Neste trabalho foi observado que vários híbridos

apresentaram uma heterose acima de 200%, o que indica a possibilidade de excelentes combinações entre diferentes grupos heteróticos.

Para verificar o potencial de combinação entre materiais tropicais exóticos e melhorados, cinco raças colombianas de milho (Andaqui, Cumúm, Costeño, Puya e Yucatán) e três populações melhoradas (Tuxpeño-1, Suwan-1, e ETO), foram cruzadas em um esquema dialélico. Foi observado que o cruzamento entre Tuxpeño-1 e Yucatán apresentou maior heterose (25%) e a população Yucatán foi considerada como sendo a de maior potencial genético para ser utilizada nos programas de melhoramento de milho tropical (Pérez-Velasquez, et al., 1995).

As populações de milho dos Estados Unidos, normalmente, são classificadas em grupos heteróticos, baseando-se na genealogia das populações e ou, na sua capacidade de combinação. Esses grupos heteróticos influenciam na tomada de decisão de qual germoplasma usar no programa de melhoramento (Hallauer e Miranda, 1981).

A genealogia dos materiais utilizados no cinturão do milho nos Estados Unidos é bem conhecida. Utilizando desse conhecimento, Gerdes e Tracy, (1993), constatou que os dois grupos heteróticos mais utilizados no cinturão do milho nos Estados Unidos são o Reid Yellon Dent e Lancaster Surecrop. No Brasil, entretanto não se encontra nenhuma genealogia clara e objetiva dos materiais atualmente disponíveis.

A maioria das linhagens de milho doce são descendentes de três variedades: Golden Bantan; Stoweels Evergreen e Country Gentleman (Gerdes e Tracy, 1994; Huelseu, 1954; Tracy, 1993,1994), citados por Revilla & Tracy, (1997). O objetivo desse trabalho foi investigar os padrões heteróticos entre 15 cultivares importantes de milho doce. Os resultados da análise da variância não detectou diferença significativa para a fonte de variação CEC. Assim sendo, a classificação desses materiais foi feita a partir a capacidade geral de

combinação, heterose e do desempenho “per se” dos cultivares. Essa classificação formou dois grupos heteróticos, sendo um grupo denominado forte e outro como fraco. Essa conclusão foi coincidente com outros dois trabalhos realizados por estes mesmos autores, em que classificaram estes materiais com base em isoenzimas e distância morfológica (Rivella & Tracy, 1995b, 1995a).

2.4 Métodos multivariados

Vários métodos multivariados podem ser aplicados no estudo da divergência genética. Dentre esses métodos, pode-se citar a análise por componentes principais e por variáveis canônicas e os métodos de agrupamento. Serão descritas a seguir algumas dessas técnicas procurando associá-las aos objetivos do presente trabalho.

2.4.1 Análise de variância multivariada

A análise de variância multivariada é uma generalização da análise univariada e se aplica a todo tipo de delineamento experimental (Negriolo & Perre, 1987). Essa análise estuda os procedimentos de combinação das múltiplas informações contidas na unidade experimental, levando em consideração a estrutura de covariância entre caracteres, fornecendo testes mais poderosos para as hipóteses formuladas (Godói, 1985).

A utilização dessa metodologia é possível devido ao fato das diversas variáveis disponíveis poderem ser consideradas simultaneamente, possibilitando assim, interpretações que não seriam possíveis com a análise de apenas um caráter individualmente (James & McCulloch, 1990).

Através da análise multivariada é possível testar a hipótese de que o material contenha alguma divergência genética considerando a variabilidade global existente nos múltiplos caracteres. Dentre os critérios disponíveis para verificar a significância dos materiais utilizados, tais como de Wilks, Pillais,

Hotelling-Lawley e Roys, merece atenção o critério de Wilks por ter sido predominantemente utilizado nos trabalhos, como nos de Cruz, (1990) e Ferreira, (1993) e por ser um critério de razão de máxima verossimilhança (Johnson & Wichern, 1988; Morrisson, 1967).

2.4.2 Métodos de agrupamento

As técnicas de agrupamento têm por objetivo, dividir um grupo original de observações em vários grupos segundo algum critério de similaridade ou dissimilaridade.

Com relação ao número de grupos desejados, o que se faz mais comumente é utilizar vários números de grupos e, por algum método de agrupamento selecionar o mais conveniente.

Um dos métodos mais comumente empregado no melhoramento genético é o de otimização, proposto por Tocher, citado por Rao (1952), que maximiza a variação inter-grupo e minimiza a variação intra-grupo. Outro método de agrupamento é o hierárquico. Neste método os genitores são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, até que seja estabelecido o dendograma ou o diagrama de árvores (Johnson & Wichern, 1988).

Os métodos hierárquicos são também divididos em métodos aglomerativos e divisivos. Dentre os métodos aglomerativos, citam-se o do vizinho mais próximo; o do vizinho mais distante; o da ligação média, ponderado ou não; e o proposto por Ward (1963). Dentre os métodos divisivos, o mais conhecido é o de Edwards e Cavalli-Sforza (1965), (Cruz e Regazzi, 1997).

Rivella & Tracy, (1995b) estimaram as distâncias generalizadas de Mahalanobis para 58 cultivares de milho doce, utilizando para este fim 34 caracteres morfológicos de interesse. Com base no dendograma de ligação

média, esses autores dividiram os 58 cultivares em dois grupos, sendo o grupo 1 dividido em 6 subgrupos e o grupo 2 em 3 .

Vários trabalhos, nas mais diversas culturas, têm utilizado dos métodos de agrupamento para que inferências possam ser tomadas com mais facilidade, como: Ferreira, (1993) com milho; Abreu, (1997) com feijão; Miranda, (1998) com soja. Apesar deste último trabalho ter usado o método de otimização de Tocher, os demais trabalhos citados utilizam o método de agrupamento hierárquico do vizinho mais próximo, o que é desejável, pois permite uma melhor comparação entre os trabalhos realizados.

Uma dificuldade do método de agrupamento hierárquico é o ponto de corte no dendograma, que é feito de maneira bastante arbitrária (Johnson & Wichern, 1988 e Cruz e Regazzi, 1997).

2.4.3 Variáveis canônicas

A análise multivariada, com base em variáveis canônicas, foi relatada por Rao (1952). É utilizada pelos melhoristas como um processo alternativo para a avaliação do grau de similaridade genética entre genitores, considerando tanto a matriz de covariância residual quanto a de covariância fenotípica entre os caracteres avaliados. A utilização das variáveis canônicas tem por objetivo básico proporcionar uma simplificação estrutural dos dados, de modo que a divergência genética, influenciada a princípio por um conjunto n-dimensional (n: número de caracteres considerados no estudo), possa ser avaliada no espaço bi ou tridimensional de fácil interpretação geométrica (Cruz & Regazzi, 1997). Essa avaliação permite efetuar o agrupamento de genitores com o mais alto grau de dissimilaridade, mediante análises visuais de dispersões gráficas (Singh et al., 1981).

As variáveis canônicas são combinações lineares dos caracteres originais, cujos coeficientes são elementos dos autovetores (a_i) associados com

o correspondente autovalor (λ_i), extraído da matriz TE^{-1} , onde T é a matriz de covariância entre tratamentos e E^{-1} é a inversa da matriz de covariância residual. Dessa forma, por definição, a primeira variável canônica é aquela associada com o maior autovalor, que é interpretado como variância da mesma. O autovetor correspondente, representado por $(a_{\sim i})$, é determinado de tal forma que $a_{\sim i}' E a_{\sim i} = 1$. O i-ésimo e j-ésimo autovetores são ortogonais, o que implica na independência entre a i-ésima e j-ésima variável canônica, ou que a covariância entre elas é zero (Johnson & Wichern, 1988; Morrisson, 1967).

As variáveis canônicas possuem a vantagem em relação aos componentes principais, técnica similar, de considerar a estrutura de covariância residual e de ser invariante com respeito a transformações não singulares dos caracteres originais (Bock, 1975). Este autor propõe uma transformação da matriz residual em matriz identidade. Essa mesma transformação é então aplicada a matriz de covariância entre médias de tratamentos, tornando o processo de obtenção dos autovalores e dos autovetores semelhante ao dos componentes principais, de mais fácil estimativa.

Evita-se dessa forma a extração dos autovalores e dos autovetores da matriz TE^{-1} não simétrica (Gomes, 1987). Portanto, a obtenção das variáveis canônicas se constituem nos resultados de uma série de transformações ortogonais que, seqüencialmente, maximizam a razão da variação entre tratamentos e minimizam a variação residual (Hussaini et al., 1977).

Na literatura são encontrados alguns trabalhos utilizando as variáveis canônicas para estudo da divergência genética: Ferreira, (1993) com milho; Cruz, (1990) com milho; Amaral Júnior, (1994) com moranga e Silva (1996) com cupuaçuzeiro.

2.5 - Dialelos

Os melhoristas dispõem de vários tipos de dialelo para estimar parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. Dentre esses tipos merece menção os dialelos completos ou balanceados, em que, todas as combinações híbridas $p(p-1)/2$ dos p genitores, formados dois a dois, estão presentes, com ou sem os recíprocos (Cruz e Regazzi, 1997).

O estudo da capacidade combinatória de um conjunto relativamente grande de genitores pode ser inviabilizado ou limitado em casos onde os recursos disponíveis são escassos. Para viabilizar estes estudos, foram apresentados métodos de análise denominados circulantes e parciais, onde apenas uma amostra do conjunto de todos os cruzamentos são estudados. Na estimação dos parâmetros genéticos utilizam-se modelos adaptados de Griffing (1956) e de Gardner e Eberhart, (1966), dependendo da informação desejada (Cruz e Regazzi, 1997).

Perdas de uma ou mais combinações híbridas ocorrem eventualmente devido a não coincidência do florescimento entre os genitores, incompatibilidade entre alguns cruzamentos, número reduzido de sementes, além de outros fatores. Quando isso ocorre, os dialelos completos ou parciais são denominados de incompletos. Uma outra particularidade dos dialelos incompletos é a necessidade de empregar o método dos quadrados mínimos para estimar a capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação já que não há programas computacionais específicos para esse caso. (Cruz e Regazzi, 1997).

Na ocasião da análise de cruzamentos dialélicos, deve-se verificar se os genitores representam ou não uma amostra aleatória da população, caracterizando um modelo aleatório ou fixo. Se o modelo for considerado fixo, o objetivo não é estimar os componentes de variância, e sim estimar os efeitos da capacidade geral de combinação de cada genitor e da capacidade específica de combinação de cada híbrido.

Dentre os modelos propostos para análise dialélica, os mais utilizados especificamente para cultura do milho são os métodos de Griffing, (1956) e Gardner e Eberhart (1966). Este último tem como principal vantagem um estudo detalhado da heterose, com sua decomposição em vários parâmetros, porém seu uso fica limitado quando ocorrem faltas de uma ou mais combinações híbridas.

Já o modelo proposto por Griffing (1956), permite estimar os efeitos da capacidade geral de combinação e da capacidade específica de combinação, mesmo em dialelos incompletos por meio do método dos quadrados mínimos.

Griffing classificou sua metodologia em quatro métodos; o método 1 inclui as p^2 combinações; o método 2 inclui $p(p+1)/2$ combinações, faltando os híbridos F1's recíprocos; o método 3 inclui $p(p-1)$ combinações faltando os genitores; o método 4 inclui $p(p-1)/2$ combinações faltando genitores e os híbridos F1's recíprocos. Além disso cada um desses métodos podem ser classificados como fixo ou aleatório dependendo da natureza amostral dos genitores.

Para o método 4 é utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : valor médio do híbrido ij ($i, j = 1, 2, \dots, p, i < j$);

m : média geral;

g_i, g_j : efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo e j -ésimo genitor, respectivamente;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j ;

\bar{e}_{ij} : erro experimental médio.

Diante das várias opções apresentadas para a análise de tabelas dialélicas, a escolha de qual metodologia usar tem sido bastante diversificada; Ordas et al., (1991), Crossa et al., (1990), Pérez e Velasquez et al., (1995)

utilizaram a metodologia de Gardner e Eberhart (1966), modelo II; Spaner et al., (1996) e Vasal et al., (1993) usaram a metodologia de Gardner e Eberhart (1996), modelo III; Pollak et al., (1991) usou o método I de Griffing (1956) e Ferreira (1993) e Beck et al., (1991) o método 4 de Griffing.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar o presente trabalho vinte e cinco cultivares de milho (Tabela 1), do município de Lavras, foram utilizados. Dentre estes cultivares encontram-se materiais recomendados para o município e outros que as firmas pretendem comercializar. A maioria desses cultivares foram coletados no comércio especializado da cidade de Lavras - MG. Procurou-se coletar todos os cultivares de milho em diversos estabelecimento comerciais que estavam disponíveis por ocasião da coleta, no ano de 1995. A variedade Cristal, utilizadas por agricultores do Município de Lavras, também foi incluída entre os cultivares coletados.

Inicialmente, esses cultivares foram inter cruzados de acordo com um esquema dialélico completo, no ano agrícola de 1995/96. Procurou-se obter quatro espigas para cada cruzamento. Das trezentas combinações híbridas possíveis, apenas duzentos e sessenta e quatro foram utilizados, uma vez que houve problemas de coincidência de florescimento ou de obtenção de números suficientes de sementes em algum desses cruzamentos, limitando a obtenção ou os testes destes híbridos. Os cruzamentos foram realizados na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras - MG (UFLA).

Para a avaliação do dialelo, adotou-se um látice simples 17 x 17. Os duzentos e oitenta e nove tratamentos foram constituídos das vinte e cinco cultivares e das duzentas e sessenta e quatro combinações híbridas disponíveis. Os experimentos foram conduzidos em dois locais do município de Lavras: a primeira no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a segunda na fazenda experimental da FAEPE. Lavras está situada a 21° 14'S de latitude 45° 00'W de longitude, possuindo altitude média de 918 m.

As parcelas experimentais foram constituídas de 3 linhas de 3 metros de comprimento espaçadas de 0,9 m. As duas linhas laterais foram consideradas

como bordadura, sendo que a linha central foi considerada como parcela útil. Foi realizado o desbaste aos 20 dias após a emergência, deixando 15 plantas por linha.

A adubação empregada na semeadura foi de aproximadamente 400 Kg/ha da fórmula 4-14-8 + zinco de N, P₂O₅, e K₂O. Por ocasião da adubação de cobertura, foi utilizado 350 Kg/ha da fonte sulfato de amônio (18% nitrogênio), aos 45 dias após a semeadura. Os demais tratos culturais foram os usualmente adotados para a cultura do milho.

TABELA 1 Cultivares de milho de diferentes empresas e diferentes tipos de materiais utilizados na obtenção dos híbridos.

Número	Cultivares	Empresa	Tipo do Material
1	AG-1051	Agrocerec	Híbrido duplo (HD)
2	AG-1043	Agrocerec	Híbrido duplo
3	AG-612	Agrocerec	Híbrido duplo
4	AG-5011	Agrocerec	Híbrido triplo (HT)
5	AG-510	Agrocerec	Híbrido triplo
6	AG-8010	Agrocerec	Híbrido simples (HS)
7	AG-9012	Agrocerec	Híbrido simples
8	AG-122	Agrocerec	Híbrido duplo
9	FO-01	Colorado	Híbrido triplo
10	C-333B	Cargill	Híbrido simples
11	C-915	Cargill	Híbrido simples
12	C-435	Cargill	Híbrido duplo
13	C-125	Cargill	Híbrido duplo
14	XL-660	Braskalb	Híbrido duplo
15	BR-201	Embrapa	Híbrido duplo
16	AG-405	Agrocerec	Híbrido triplo
17	XL-604	Braskalb	Híbrido duplo
18	AG-302	Agrocerec	Híbrido duplo
19	P-3051	Pionner	Híbrido triplo
20	BR-105	Embrapa	Varietade (V)
21	BR-106	Embrapa	Varietade
22	BR-126	Embrapa	Varietade
23	Cristal	Não tem	Varietade
24	P-3041	Pionner	Híbrido triplo
25	P-3069	Pionner	Hib. Simples mod. (HMS)

Foram avaliados doze caracteres morfológicos, em cada unidade experimental. Na Tabela 2, encontram-se os doze caracteres e a descrição de como foram obtidos.

TABELA 2 Caracteres avaliados em 25 cultivares.

Caráter	Ud	Descrição
Floração	Dias	dias para 50% de emissão de pendões na parcela
Altura de espiga	cm	Altura média das plantas/parcela, até a 1ª espiga
Altura de planta	cm	Altura média das plantas/parcela, até a folha bandeira
Diâmetro do colmo	mm	Diâmetro médio do 4º internódio de 9 plantas/parcela
Comprimento do internódio	mm	Comprimento médio do 4º internódio de 9 plantas/parcela
Diâmetro do sabugo	mm	Diâmetro médio de 5 sabugos por parcela
Grãos por fileira	Número	Número médio de grãos por fileira de 5 espigas/parcela
Fileiras de grãos	Número	Número médio de fileiras de grãos de 5 espigas/parcela
Espigas	Número	Número de espigas da parcela útil
Ramificações do pendão	Número	Número de ramificações do pendão de 9 plantas/parcela
Peso de 100 grãos	g	-
Produção	Kg	Produção de espigas despalhadas da área útil da parcela

Inicialmente foi realizada a análise de variância individual de cada local, para peso de espiga despalhada, utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + t_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : Valor observado do tratamento i , no bloco k , dentro da repetição j ;

- m : Média geral do experimento;
- t_i : Efeito do tratamento i , $i = 1, 2, \dots, 289$;
- r_j : Efeito da repetição j , $j = 1, 2$;
- $b_{k(j)}$: Efeito do bloco k , dentro da repetição j , $k = 1, 2, \dots, 16$;
- e_{ijk} : Erro experimental da parcela que recebeu o tratamento k no bloco j na repetição i .

Posteriormente, foi realizada a análise conjunta dos dois locais. Para isso foi testado a hipótese de homocedasticidade de variância pelo teste de Hartley (Snedecor e Cochran, 1978).

A partir das análises dos híbridos nos dois locais foi realizada a análise dialélica, utilizando o modelo 2 de Griffing (1956), método IV, apresentado a seguir:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : é a observação média da combinação híbrida envolvendo os genitores i e j ;

g_i e g_j : capacidade de combinação dos genitores i e j , respectivamente;

s_{ij} : a capacidade específica de combinação dos genitores i e j ; e

e_{ij} : é o erro médio associado a Y_{ij} .

Como o dialelo não continha todas as combinações híbridas, foi utilizado o método dos quadrados mínimos (Searle, 1971). Foram adotados as seguintes restrições paramétricas:

$$\sum_{i=1}^p n_i g_i = 0 \quad \sum_{j=1}^p n_j g_j = 0 \quad e \quad \sum_{i=1}^p s_{ij} = 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, p$$

em que:

n_i e n_j são os números de combinações híbridas em que o genitor i e os genitores j participam;

p : é o número de genitores ($p=25$);

A análise dialélica conjunta foi realizada de acordo com o modelo apresentado por Ferreira, Rezende e Ramalho (1993). As somas de quadrados dos efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), bem como as suas interações com local, foram obtidos conforme procedimento descrito por Cochran e Cox (1957).

A heterose de cada híbrido foi estimada em porcentagem, em relação a média dos genitores pela expressão:

$$h_{ij}(\%) = \left[\frac{\bar{Y}_{ij} - \frac{\bar{Y}_{ii} + \bar{Y}_{jj}}{2}}{\frac{\bar{Y}_{ii} + \bar{Y}_{jj}}{2}} \right] \times 100$$

em que:

$h_{ij}(\%)$ é a heterose em porcentagem;

\bar{Y}_{ij} : produção média da geração F_1 , do cruzamento do genitor i com o genitor j ;

Y_{ii} , Y_{jj} : produção média do genitor i e j , respectivamente.

A heterobeltiose (hb) foi estimada da mesma forma que a heterose, substituindo os valores de $\frac{\bar{Y}_{ii} + \bar{Y}_{jj}}{2}$ por $\bar{Y}_{max} = \max(\bar{Y}_{ii}, \bar{Y}_{jj})$:

$$hb\% = \frac{\bar{Y}_{ij} + \bar{Y}_{max}}{\bar{Y}_{max}}$$

A heterose de cada híbrido (Kg/parcela) foi testada por meio do teste t. A hipótese testada foi $H_0 = h_{ij} = 0$. O erro padrão, $S(h_{ij})$ associado a cada heterose foi estimado por:

$$S(h_{ij}) = \sqrt{\frac{3 \text{ QME}}{2 r l}}$$

em que: r e l referem-se ao número de repetições e de locais, respectivamente; QME é o quadrado médio do resíduo da análise de variância conjunta.

O t calculado (t_c) foi obtido pela expressão:

$$t_c = \frac{\bar{Y}_{ij} - \frac{\bar{Y}_{ii} + \bar{Y}_{jj}}{2}}{S(h_{ij})}$$

Estes valores foram comparados em módulo com o percentil superior de distribuição de t de student ($t_{\alpha/2}$) com graus de liberdade associado ao resíduo da análise de variância conjunta.

Os vinte e cinco cultivares foram submetidos à análise de variância multivariada (MANAVA), conjunta, utilizando os doze caracteres agronômicos e morfológicos apresentados na Tabela 2.

Foi utilizado o programa SAS[®], módulo GLM, para efetuar a MANAVA, propiciando obter estimativas das matrizes de soma de quadrados e produtos do erro (E). Para testar a hipótese de igualdade dos efeitos de tratamento foi adotado o critério de Wilks. A significância do teste foi atribuída a existência de divergência entre os genitores (Cruz, 1990).

Como medida de dissimilaridade foi estimada a distância de Mahalanobis (D_{ij}^2) entre os genitores i e j para todas as trezentas combinações (Rao, 1952).

$$D_{ij}^2 = \left(\underline{X}_i - \underline{X}_j \right)' E^{-1} \left(\underline{X}_i - \underline{X}_j \right)$$

Em que:

\underline{X}_i e \underline{X}_j referem-se as matrizes de médias dos genitores i e j, respectivamente; e E^{-1} é a matriz inversa de E.

Foi realizado com base nas estimativas de D_{ij}^2 a análise de agrupamento adotando-se o método hierárquico do vizinho mais próximo apresentado por Johnson e Wichern, (1988). A distância de Mahalanobis foi calculada entre as firmas (Tabela 1) e entre os tipos de materiais (HS, HT, HD e variedade). Com base nas estimativas de D^2 procedeu-se nesses dois casos, a análise de agrupamento, utilizando o mesmo método.

Para verificar se a divergência genética, estimada pelas distâncias multivariadas, poderia ser utilizada de forma preditiva no sentido de identificar as combinações híbridas mais promissoras, ou seja, aquelas que apresentaram maiores estimativas de heterose e heterobeliose ou produtividade, foram obtidos as correlações de Pearson e Spearman (Steel e Torrie, 1980). Com esse mesmo intuito, foram selecionados trinta maiores e menores estimativas de D^2 , CEC, heterose, heterobeliose e média e também dos valores médios. Foi estimada a proporção de coincidência das combinações híbridas que estavam simultaneamente entre as maiores e menores estimativas, considerando os pares: D^2 e CEC, D^2 e h, D^2 e média, CEC e h, CEC e hb, CEC e média, h e hb, h e média e hb e média.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância conjunta para produtividade de espigas despalhadas (Kg/ ha) dos dois locais do município de Lavras, está apresentada na Tabela 3. A precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação (CV= 19,18%) indica precisão média na avaliação (Scapim, Carvalho e Cruz, 1994). A produtividade média variou de 5,3 t/ha (Cristal) para 11,8 t/ha (C-333B).

Embora os locais de implantação dos experimentos fossem relativamente próximos, as condições do solo utilizadas, especialmente estrutura física eram diferentes, o que contribuiu para que se detectasse diferença significativa ($p < 0,01$) entre os locais. Observou-se diferença significativa ($p < 0,01$) também para o efeito de tratamentos. Contudo a interação tratamentos x locais foi não significativa indicando que o comportamento dos híbridos, foi coincidente nos dois locais. Constatou-se também diferença significativa ($p < 0,01$) entre genitores e híbridos. Novamente as interações desses fatores com locais foram não significativas (Tabela 3).

O contraste genitores vs híbridos permite que se faça inferência sobre a heterose média do dialelo. Verificou-se que esse contraste foi não significativo, o mesmo ocorrendo com a sua interação com locais. Esse fato não indica que não exista heterose significativa para alguns cruzamentos, mas que em média os híbridos possíveis não diferiram da dos genitores. A produtividade média dos genitores foi de 8,5 t/ha e a dos híbridos 8,4 t/ha, comprovando o que foi comentado anteriormente.

O efeito de híbridos foi desdobrado nos efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) e específica de combinação (CEC) conforme o método IV da análises dialélica de Griffing (1956). Novamente, chama a atenção o fato das interações desses efeitos com local não apresentar significância. Foi detectada

diferença significativa ($p < 0,01$) para a fonte de variação CGC. Fato semelhante foi observado para o efeito da capacidade específica de combinação.

TABELA 3 Análise de variância conjunta da produtividade de espigas despalhadas (kg/parcela), obtidas na avaliação do cruzamento dialélico conduzido em dois locais.

FV	GL	SQ	QM	F	P*
LOCAL (L)	1	7,20	7,200	38,20	0,000
TRATAMENTO (T)	288	89,02	0,310	1,64	0,000
GENITORES (P)	24	14,12	0,588	3,12	0,000
HIBRIDOS (H)	263	74,84	0,284	1,51	0,000
CGC	24	16,61	0,692	3,67	0,000
CEC	239	58,23	0,244	1,29	0,009
P vs H	1	0,00	-	0,00	1,000
T x L	288	56,88	0,198	1,05	0,316
P x L	24	4,30	0,180	0,95	0,533
H x L	263	52,10	0,198	1,05	0,320
CGC x L	24	4,98	0,208	1,10	0,337
CEC x L	239	47,12	0,197	1,05	0,337
P vs H x L	1	0,48	0,480	2,55	0,111
ERRO	512		0,1885		
CV%			19,18		
MÉDIA			2,264		

obs: para mudar a unidade de Kg/parcela para t/ha, o fator de multiplicação é 3,704.

* Nível de significância do teste de F.

Os efeitos da capacidade geral de combinação e produtividade média de espigas despalhadas (kg/parcela) estão apresentados na Tabela 4. O teste de comparação de médias, Scott & Knott (1974), possibilitou a formação de dois grupos. Dos 25 cultivares avaliados, apenas 10 apresentaram produtividade inferior a 2,2 Kg/parcela, ou seja foram, incluídas no grupo das menos produtivas. É oportuno enfatizar que todas as variedades de polinização livre avaliadas enquadram-se nesse grupo. O fato de variedades ter pior desempenho do que os híbridos comerciais é, constantemente, relatada na literatura (Ribeiro, 1998).

Observe também (Tabela 4) que entre os 5 híbridos simples, avaliados apenas um (AG-9012) foi classificado como sendo do grupo de menor

produtividade . A mesma tendência ocorreu na classificação dos HT e HD, sendo que neste último caso três dos dez HD estudados foram classificados como menos produtivos.

TABELA 4 Produtividade média (Kg/parcela) e estimativas da capacidade geral de combinação das cultivares avaliadas no cruzamento dialelo. Lavras, 1997.

Cultivares	CGC	Média ^{1/}
C-333B	0,170*	3,2a ^{2/}
AG-1051	0,153*	3,0a
C-435	0,078	2,7a
AG-5011	-0,055	2,6a
P-3051	-0,002	2,6a
AG-122	-0,052	2,5a
AG-302	0,033	2,5a
AG-510	-0,058	2,4a
AG-8010	0,001	2,4a
C-125	0,145*	2,4a
P-3041	0,054	2,4a
C-915	0,057	2,3a
BR-201	-0,030	2,3a
XL-604	0,020	2,3a
P-3069	-0,196*	2,3a
AG-405	-0,074	2,2b
BR-106	-0,005	2,2b
AG-1043	0,067	2,1b
BR-105	-0,083	2,1b
AG-612	-0,103*	2,0b
AG-9012	-0,030	2,0b
FO-01	-0,181*	1,9b
XL-660	-0,074	1,9b
BR-126	0,006	1,8b
Cristal	0,081	1,4b

^{1/} Produtividade média de espigas despalhadas dos genitores.

^{2/} Médias seguidas de mesma letra não difere estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott & Knott.

* Significativamente diferente de zero pelo teste de t ao nível de 5% de probabilidade.

Foram detectadas estimativas de CGC diferente de zero para seis genitores, ou seja, em 24% das cultivares avaliadas. Os genitores C-333B, AG-1051 e o C-125 apresentaram os maiores valores de CGC positivos; e P-3069, FO-01 e AG-612 com maiores valores e negativos, ou seja, apresentaram menor capacidade geral de combinação. É conveniente salientar que os três genitores com maiores estimativas da CGC estão entre os de maiores produtividades.

É oportuno enfatizar que a estimativa da correlação entre CGC e a média, embora fosse significativa, foi de pequena magnitude (0,41*). Isso evidencia que apenas a média não permite inferir sobre o potencial de um cultivar em cruzamento. Coerentemente, com esse resultado está o fato de que os cultivares com menor CGC foi incluído o P-3069 que esteve entre os de melhor desempenho "per se".

Na Tabela 5 estão apresentadas as médias dos 264 híbridos, juntamente com o teste de Scott & Knott (1974), e das estimativas da capacidade específica de combinação. A variação entre híbridos foi significativa (Tabela 3) e o teste de Scott & Knott (1974) permitiu separá-los em dois grupos distintos: o primeiro grupo, referente aos híbridos mais produtivos (letra a); e o segundo grupo, dos menos produtivos acompanhados da letra b (Tabela 5).

De todos os híbridos resultantes dos genitores de maior CGC (AG-1051, C-333B e C-125) a maioria foi classificada como mais produtivos (69,6%). Da mesma forma para o C-125 e AG-1051, 69,6% e 66,6% dos híbridos, respectivamente, foram classificados como superiores. Esse fato ressalta a importância da participação de genitores com elevados valores de CGC nos cruzamentos realizados nos programas de melhoramento de plantas. Procedendo-se da mesma forma, verificou-se que dos híbridos que possuíam como um dos genitores aqueles materiais com menor efeito de CGC, a maioria

TABELA 5 Produtividade média (Kg/parcela) (diagonal superior) e capacidade específica de combinação (CEC) (diagonal inferior) dos 264 híbridos do cruzamento dialélico entre 25 cultivares recomendadas para o Sul de Minas Gerais.

	1	2	3	4	5	6	7	8								
1		2,7495	a ¹²	2,0715	b	2,6795	a	1,8815	b	2,3945	a	2,1590	b	2,4440	a	
2	0,2580	ns		2,3885	a	1,6915	b	1,8585	b	2,2210	b	2,2325	b	2,1900	b	
3	-0,2499	ns	0,1485	ns		2,5950	a	2,0535	b	1,8010	b	x		1,8370	b	
4	0,3100	ns	-0,5965	*	0,4670	*		2,3055	a	2,1790	b	2,1290	b	2,5165	a	
5	-0,4845	a ¹²	-0,4261	*	-0,0710	ns	0,1762	ns		2,2235	b	x		2,3390	a	
6	-0,0307	ns	-0,1228	ns	-0,3827	ns	-0,0095	ns	0,0047	ns		1,900	b	1,6345	b	
7	-0,2357	ns	-0,0808	ns	x		-0,0290	ns	x		-0,3330	ns		2,3000	a	
8	0,0712	ns	-0,1013	ns	-0,2942	ns	0,3804	ns	0,1726	ns	-0,5760	*	0,1154	ns		
9	-0,1301	ns	0,1318	ns	x		0,0816	ns	0,3197	ns	0,0016	ns	-0,1525	ns	-0,0988	ns
10	0,2475	ns	x		-0,2350	ns	-0,5513	*	0,2088	ns	-0,0548	ns	0,0621	ns	-0,1812	ns
11	-0,2127	ns	x		0,2738	ns	-0,1735	ns	0,1292	ns	0,1681	ns	-0,3045	ns	-0,0658	ns
12	-0,2519	ns	0,0860	ns	0,2126	ns	x		0,0689	ns	0,2473	ns	-0,0712	ns	0,0535	ns
13	-0,1454	ns	x		0,5091	*	0,0398	ns	-0,0775	ns	-0,1606	ns	0,0403	ns	-0,0630	ns
14	-0,2766	ns	0,4373	*	0,1374	ns	0,0801	ns	-0,2277	ns	0,2862	ns	0,4696	*	-0,1732	ns
15	0,1511	ns	0,0930	ns	x		0,2702	ns	x		0,1293	ns	-0,0758	ns	-0,0071	ns
16	0,2090	ns	x		-0,1685	ns	x		-0,2722	ns	0,0657	ns	0,1051	ns	-0,0172	ns
17	0,2009	ns	0,0058	ns	-0,3596	ns	-0,0944	ns	-0,0813	ns	-0,1014	ns	-0,0404	ns	0,0338	ns
18	-0,2599	ns	-0,0470	ns	0,3816	ns	x		0,3010	ns	x		0,1783	ns	x	
19	0,0506	ns	-0,1710	ns	-0,3934	ns	0,6178	*	-0,0805	ns	-0,1261	ns	-0,0897	ns	0,0575	ns
20	0,1987	ns	-0,3094	ns	-0,0248	ns	-0,1021	ns	0,1605	ns	-0,1336	ns	-0,0076	ns	0,1321	ns
21	-0,0630	ns	0,1985	ns	0,3150	ns	-0,2663	ns	-0,3161	ns	0,3413	ns	-0,0253	ns	0,1494	ns
22	0,4886	*	-0,0890	ns	x		-0,3767	ns	0,2219	ns	0,3983	ns	0,0293	ns	-0,1400	ns
23	-0,3040	ns	0,1049	ns	-0,6900	*	x		0,2038	ns	0,0327	ns	0,5242	*	0,3419	ns
24	0,0763	ns	-0,0332	ns	x		x		-0,2358	ns	0,2266	ns	0,0290	ns	-0,0213	ns
25	0,1324	ns	0,2188	ns	x		x		-0,0062	ns	0,0747	ns	-0,2059	ns	0,1033	ns

continua

TABELA 5. Cont.

	9	10	11	12	13	14	15	16
1	2,1130 b	2,8420 a	2,2690 a	2,2510 b	2,4240 a	2,0735 b	2,5460 a	2,5595 a
2	2,2935 a	x	x	2,5075 a	x	2,7060 a	2,4065 a	x
3	x	2,1180 b	2,5140 a	2,4740 a	2,8370 a	2,2460 b	x	1,9405 b
4	2,0880 b	1,8065 b	2,0715 b	x	2,3725 a	2,1935 b	2,4285 a	x
5	2,3565 a	2,5970 a	2,4045 a	2,3655 a	2,2855 a	1,9160 b	x	1,8720 b
6	2,0825 b	2,3775 a	2,4875 a	2,5880 a	2,2465 b	2,4740 a	2,3620 a	2,2540 a
7	1,9025 b	2,4685 a	1,9890 b	2,2435 b	2,4215 a	2,6315 a	2,1310 b	2,2675 a
8	1,9340 b	2,2030 b	2,2055 b	2,3460 a	2,2960 a	1,9665 b	2,1775 b	2,1230 b
9		2,0765 b	1,8055 b	2,5090 a	2,1050 b	1,8690 b	1,9345 b	1,9785 b
10	-0,1725 ns		2,7065 a	2,6470 a	2,5140 a	2,3880 a	2,1535 b	2,3425 a
11	-0,3306 ns	0,2177 ns		2,0720 b	2,2020 b	1,9755 b	x	2,5505 a
12	0,3516 ns	0,1369 ns	-0,3293 ns		2,4015 a	2,7060 a	2,0680 b	2,2970 a
13	-0,1189 ns	-0,0626 ns	-0,2658 ns	-0,0499 ns		2,7200 a	2,2855 a	x
14	-0,1355 ns	0,0307 ns	-0,2730 ns	0,4782 *	0,3743 ns		2,2270 b	2,2560 a
15	-0,1149 ns	-0,2486 ns	x	-0,2219 ns	-0,1223 ns	0,0721 ns		x
16	-0,0265 ns	-0,0152 ns	0,3015 ns	0,0625 ns	x	0,1455 ns	x	
17	-0,1406 ns	0,4647 *	0,3695 ns	x	0,0020 ns	-0,4710 *	0,1949 ns	-0,1445 ns
18	-0,0504 ns	-0,3106 ns	0,1532 ns	0,1744 ns	-0,0885 ns	-0,1593 ns	0,0471 ns	-0,0858 ns
19	-0,1618 ns	-0,0791 ns	0,3162 ns	-0,0941 ns	-0,3300 ns	0,2297 ns	0,0771 ns	0,1687 ns
20	x	-0,2305 ns	-0,2038 ns	0,2535 ns	0,0866 ns	-0,0587 ns	0,3057 ns	0,0333 ns
21	0,2991 ns	0,0489 ns	x	-0,1503 ns	0,1468 ns	-0,4199 *	-0,1969 ns	-0,2533 ns
22	x	0,0034 ns	0,0447 ns	-0,0006 ns	-0,2245 ns	-0,4028 ns	-0,0434 ns	0,1182 ns
23	-0,3300 ns	0,3413 ns	0,2821 ns	-0,7553 *	0,0653 ns	0,0026 ns	-0,0115 ns	0,0696 ns
24	0,3704 ns	0,1112 ns	-0,0561 ns	0,0777 ns	0,1603 ns	x	-0,0856 ns	-0,2715 ns
25	0,3874 ns	0,2182 ns	-0,1350 ns	0,0397 ns	0,0733 ns	-0,1615 ns	-0,0951 ns	-0,0930 ns

continua

TABELA 5, Cont.

	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2,6455 a	2,1980 b	2,4735 a	2,5400 a	2,3570 a	2,9190 a	2,2015 b	2,5550 a	2,3605 a
2	2,3690 a	2,3295 a	2,1705 b	1,9505 b	2,5370 a	2,2600 a	2,5290 a	2,3640 a	2,3655 a
3	1,8435 b	2,5980 a	1,7880 b	2,0750 b	2,4935 a	x	1,5740 b	x	x
4	2,1135 b	x	2,8040 a	2,0025 b	1,9170 b	1,8170 b	x	x	x
5	2,1570 b	2,5525 a	2,1360 b	2,2955 a	1,8975 b	2,4460 a	2,5030 a	2,0365 b	2,0155 b
6	2,1810 b	x	2,1345 b	2,0455 b	2,5990 a	2,6665 a	2,3760 a	2,5430 a	2,1405 b
7	2,2160 b	2,4480 a	2,1450 b	2,1455 b	2,2065 b	2,2715 a	2,8415 a	2,3195 a	1,8340 b
8	2,2680 a	x	2,2700 a	2,2630 a	2,3590 a	2,0800 b	2,6370 a	2,2470 b	2,1210 b
9	1,9585 b	2,0620 b	1,9155 b	x	2,3735 a	x	1,8300 b	2,5035 a	2,2700 a
10	2,9165 a	2,1545 b	2,3510 a	2,1180 b	2,4760 a	2,4410 a	2,8540 a	2,5970 a	2,4535 a
11	2,7125 a	2,5095 a	2,6375 a	2,0360 b	x	2,3735 a	2,6860 a	2,3210 a	1,9915 b
12	x	2,5110 a	2,2240 b	2,4735 a	2,1465 b	2,3135 a	1,6335 b	2,4340 a	2,1360 b
13	2,4450 a	2,3660 a	2,1060 b	2,4245 a	2,5615 a	2,2075 b	2,5720 a	2,6345 a	2,2875 a
14	1,7335 b	2,0585 b	2,4125 a	2,0425 b	1,7600 b	1,7875 b	2,2680 a	x	1,8265 b
15	2,4615 a	2,3270 a	2,3220 a	2,4690 a	2,0450 b	2,2090 b	2,3160 a	2,2150 b	1,9550 b
16	2,0670 b	2,1390 b	2,3585 a	2,1415 b	1,9335 b	2,3155 a	2,3420 a	1,9740 b	1,9020 b
17		2,1510 b	2,0105 b	2,2710 a	2,4565 a	2,3070 a	2,3265 a	2,5985 a	x
18	-0,1640 ns		2,0575 b	2,2820 a	x	2,3675 a	x	2,3095 a	x
19	-0,2695 ns	-0,2344 ns		2,0845 b	2,3250 a	2,3370 a	2,8825 a	2,0595 b	2,1495 b
20	0,0725 ns	0,0717 ns	-0,0914 ns		2,0660 b	2,2235 b	x	2,1380 b	1,9345 b
21	0,1794 ns	x	0,0704 ns	-0,1066 ns			x	2,1815 b	x
22	0,0195 ns	0,0681 ns	0,0720 ns	0,0405 ns	x		2,1915 b	x	2,2070 b
23	-0,0361 ns	x	0,5424 *	x	-0,1586 ns	-0,1334 ns	2,2185 b	2,1815 b	x
24	0,2627 ns	-0,0382 ns	-0,2538 ns	-0,0932 ns	x	-0,1436 ns		2,8355 a	1,8715 b
25	x	x	0,0868 ns	-0,0462 ns	0,1343 ns	x	-0,2773 ns	-0,5712 *	1,5455 b

Obs.: Ver tabela 1 nomes dos genitores.

^{1/} Médias seguidas de mesma letra não difere estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott & Knott

^{2/} Significativamente diferente de zero pelo teste de t ao nível de 5% de significância

foi classificada no grupo b. Assim para o genitor P-3069, que apresenta estimativa de CGC negativa (-0,1964), 73,6% dos seus híbridos resultantes no dialelo foram classificados como de pior performance, mesmo sendo este genitor classificado como sendo de maior produtividade entre os genitores utilizados no dialelo. Para o FO-01 e AG-612, classificados como sendo de baixa produtividade e com CGC negativa (Tabela 4), a classificação de seus híbridos resultantes no grupo b foi de 71,4% e 61,10% respectivamente. Esses resultados confirmam a estratégia de muitos melhoristas de selecionar os materiais pela performance "per se" e pelos valores altos e positivos da CGC (Ferreira, 1993).

Chama a atenção o resultado para o genitor P-3069 destacado anteriormente. De certa forma, isso contraria um dos critérios usados pelos melhoristas que determinam a escolha dos materiais para serem utilizados como genitores nos programas de hibridação a partir da avaliação da sua performance individual.

Fazendo o mesmo tipo de análise para as quatro variedades estudadas (BR-105, BR-106, BR-126 e Cristal) verificou-se que a BR-105 participou como genitor de 22 híbridos, sendo que 63,6% deles foram considerados de menor produtividade. A BR-106 apresentou 50% dos híbridos no grupo menos produtivo e as variedades BR-126 e Cristal apresentaram a maioria (60% e 66,6%, respectivamente) dos híbridos no grupo superior. Dentre elas, a variedade Cristal destacou-se, pois a maioria dos seus híbridos estiveram entre os mais produtivos, embora ela "per se" apresentasse uma baixa produtividade média (5,3 t/ha). Considerando que esse material nunca foi submetido a um programa consciente de seleção, e que a variedade foi mantida pelos agricultores por algumas dezenas de anos é provável que ela possua alelos que complementem o dos demais cultivares, permitindo que os híbridos de que ela participa sejam produtivos. Dizendo de outro modo, como vai ser realçado

posteriormente, essa variedade apresenta grande divergência em relação aos outros cultivares avaliados.

Os materiais BR-105 e BR-106 são usualmente utilizados nos programas de melhoramento por apresentarem bom padrão heterótico. No entanto, seu híbrido foi classificado como menos produtivo e apresentou CEC não significativa. Uma hipótese para esse resultado é que as quatro plantas utilizadas como fêmea no cruzamento dialélico não representam bem a variabilidade de cada população utilizada.

Apenas 8% das estimativas de CEC diferiram de zero ao nível de 5% de probabilidade. Dessa forma, pode-se inferir que pouca variação ocorreu entre as estimativas da CEC. Os 11 híbridos que apresentaram CEC positivas e significativas foram : AG-1051 x BR-126, AG-1043 x XL-660, AG-612 x AG-5011, AG-612 x C-125, AG-5011 x P-3051, AG9012 x XL-660, AG-9012 x Cristal, C-333B x XL-604, C-435 x XL-660, P-3051 x Cristal, Cristal x P-3041. Os dez híbridos que, por outro lado, apresentaram estimativas significativas e negativas da CEC foram : AG-1051 x AG-510, AG-1043 x AG-5011, AG-1043 x AG-510, AG-612 x Cristal, AG-5011 x C-333B, AG-8010 x AG-122, C-435 x Cristal, XL-660 x XL-604, XL-660 x BR-106, P-3041 x P-3069.

É interessante observar que dentre os 25 genitores, os materiais FO-01, C-915, BR-201, AG-405, AG-302 e BR-105 apresentaram todas as estimativas de CEC nulas. Esse comportamento sugere, a princípio, que esses materiais pertençam a um mesmo grupo quanto ao padrão de resposta heterótica.

Destaca-se o híbrido AG-5011 x P-3051 por ter apresentado a maior estimativa da CEC (2,3 t/ha), sendo também classificados como de alta produtividade (10,4 t/ha), grupo a.

Na Tabela 6, estão apresentados os resultados da análise de variância multivariada conjunta para 2 locais do município de Lavras (Biologia e Faepe). O critério de Wilks foi utilizado para testar a hipótese de igualdade de efeitos dos genitores e da interação genitores x local, utilizando-se de 12 caracteres avaliados e apresentados na Tabela 2. Por meio da aproximação do critério de Wilks pelo teste F, verificou-se que os genitores diferiram entre si significativamente ($P < 0,01$) e que o efeito da interação foi não significativo. Esses resultados foram semelhantes aos resultados da análise de variância univariada para o caráter produção de espigas despalhadas (Tabela 3).

De acordo com Cruz (1990) e Ferreira (1993), a significância para o efeito de genitores, quando se considera diversos caracteres morfológicos, indicaria que existe divergência genética entre eles. Assim, pode-se inferir que pelo menos um genitor, dos 25 utilizados neste trabalho, apresenta divergência dos demais e que o comportamento seria o mesmo nos dois locais utilizados, isso devido à ausência de efeitos de interação significativa.

TABELA 6 Análise multivariada conjunta segundo critério de Wilks para os 12 caracteres morfológicos das 25 cultivares recomendadas para o sul de Minas Gerais, avaliadas em dois locais no município de Lavras-MG.

CV	GL		F	P*
	numerador	denominador		
TRATAMENTO (T)	288	433	3,48	0,0001
T X LOCAL	288	433	1,09	0,2024

* Nível de significância do teste de F.

Com base nas distâncias multivariadas entre os 25 cultivares de milho, foi realizada a análise de agrupamento pelo método do vizinho mais próximo. O dendograma resultante desta análise é apresentado na Figura 1. Como é bastante

conhecido na literatura a separação em grupos nesse tipo de gráfico é feita de maneira subjetiva escolhendo-se um ponto de corte na escala de distância (Johnson e Wichern, 1988). Procedendo-se assim, ou seja, adotando o nível de corte na escala de distância igual a 0,3, permitiu que se obtivesse seis grupos. Esses grupos foram especificados da seguinte forma em função da magnitude da divergência dos mesmos em relação aos demais: grupo um (G1) formado pela variedade Cristal; grupo dois (G2) formado pelo híbrido triplo FO-01; grupo três (G3) formado pelo HS C-915; grupo quatro (G4) pelo HS C-333B; grupo cinco (G5) formado pelos HS modificado P-3069 e pela variedade BR-105; grupo seis (G6) formado pelos demais materiais, cuja divergência interna foi inferior ao nível de 0,3 considerado.

Chama a atenção que, apesar de se ter obtido seis grupos distintos, a variedade Cristal seguida do HT FO-01 apresentaram divergência em relação aos demais grupos em maior magnitude do que a existente entre os demais grupos (G3, G4, G5 e G6). A variedade Cristal está presente em cinco (23,8%) dos 21 híbridos que apresentaram efeitos de CEC significativos. Esses resultados ocorreram sempre entre a variedade Cristal em cruzamento com algum híbrido do grupo seis, de maior divergência. Dos cinco híbridos com CEC significativas, três apresentaram efeitos positivos e dois negativos.

O híbrido triplo FO-01, por sua vez, considerado divergente dos demais, apresentou todas as estimativas de CEC nulas. A explicação para este resultado pode ser embasada no fato de que esse híbrido foi gerado a partir de linhagens selecionadas para a produção de forragens. Então, esse híbrido forrageiro, provavelmente, pode ter sofrido seleção no sentido de produzir maior quantidade de massa verde, devendo ter baixa produtividade, como constatado na Tabela 2, porém grande divergência dos demais (Figura 1). Os resultados da CEC, produtividade média e distância multivariada, forneceram subsídios para as inferências comentadas anteriormente.

Verificou-se que o cultivar C-915 e BR-105 pertencentes aos grupos três e cinco, respectivamente, também apresentaram todas as estimativas de CEC não significativas. O BR-105, como comentado anteriormente, apresentou 63,6% dos híbridos, dos quais era um dos genitores, como sendo de menor produtividade. Portanto a explicação desse fato ainda pode ser dada considerando que a dominância dos locos divergentes (com diferentes frequências alélicas nos dois genitores) seria no sentido de reduzir a expressão da característica. O C-915 apresentou resultados de CEC não significativos e híbridos resultantes com performance média em igual proporção no grupo superior e inferior, não apresentando assim uma explicação muito plausível para a divergência do mesmo em relação aos demais materiais.

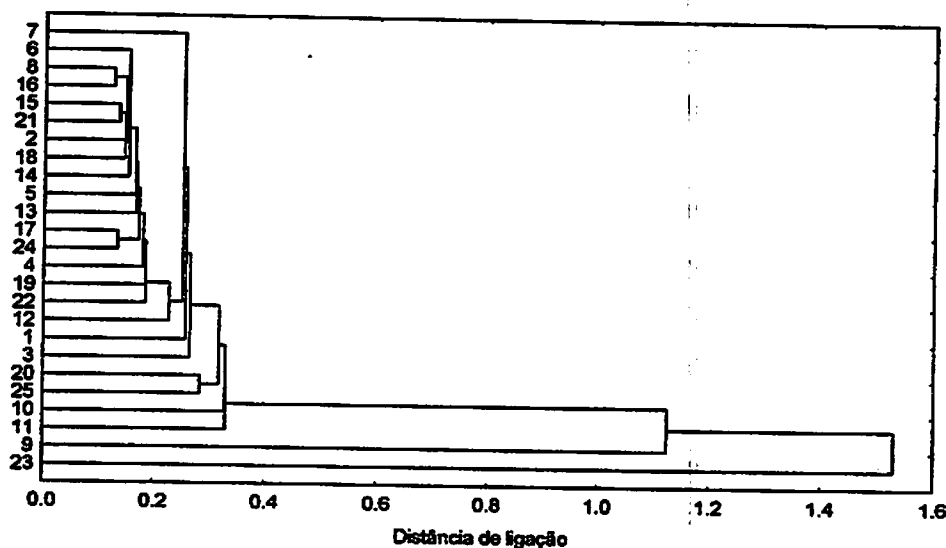


FIGURA 1 Dendrograma de ligação simples feito a partir da análise de agrupamento do vizinho mais próximo de 25 cultivares de milho, baseado na Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2) de 12 caracteres morfológicos. Ver Tabela 1 nomes das cultivares.

Para verificar a hipótese de que as firmas utilizam materiais pertencentes a diferentes grupos heteróticos, foi realizada a análise de agrupamento hierárquico do vizinho mais próximo (Figura 2). Adotando-se o critério de Wilks para formar grupos, foram realizadas análises de variância multivariada, considerando-se, inicialmente, as sete firmas. Eliminou-se, em seguida, as firmas mais divergentes, uma de cada vez, até não detectar diferenças significativas ($P < 0,05$). Procedendo-se assim, verificou-se que o nível de corte no referido dendograma foi inferior ao adotado para os 25 cultivares, ou seja, inferior a 0,3. Assim sendo, quatro grupos foram formados: O grupo um (G1) contendo a variedade Cristal; o grupo dois (G2) contendo a H.T. FO-01 da firma Colorado; o grupo três (G3) contendo os materiais da firma Cargill e o grupo quatro (G4) constituído dos materiais das demais firmas; Braskalb (XL), Agroceres (AG), Pionner (P) e Embrapa (BR).

Vale ressaltar que, apesar de algumas firmas apresentarem alguns materiais que possuem elevada divergência genética em relação aos materiais de outras, na média geral não apresentaram grande divergência entre elas, como é o caso do cruzamento entre o material da Agroceres AG-1051 com o da Embrapa BR-126 que apresentou CEC positiva e significativa ($P < 0,05$) e classificado no grupo a, de maior produção. No entanto, esses materiais foram considerados como pertencentes ao mesmo grupo quanto à divergência, considerando a análise de agrupamento das firmas (Figura 2).

Alguns trabalhos, como os de Moll et al, (1965) e Cres, (1966), relatam que o fato de alguns materiais apresentarem altos níveis de divergência genética, não garantem contínuos aumentos em termos de heterose. Essas conclusões são concordantes com este estudo, pois apesar de que os materiais FO-01 (Colorado) e Cristal serem os mais divergentes, o HT FO-01 não garantiu bom cruzamento com a maioria dos outros materiais.

Outra firma que apresentou-se divergente das demais foi a Cargill. Dentre os materiais dessa firma que foram estudados neste trabalho, destacam-se os materiais C-125 (HS) e C-333B (HS) que apresentaram altas CGC. O HS C-333B esteve presente também no grupo de maiores e menores CEC significativas (Figura 2).

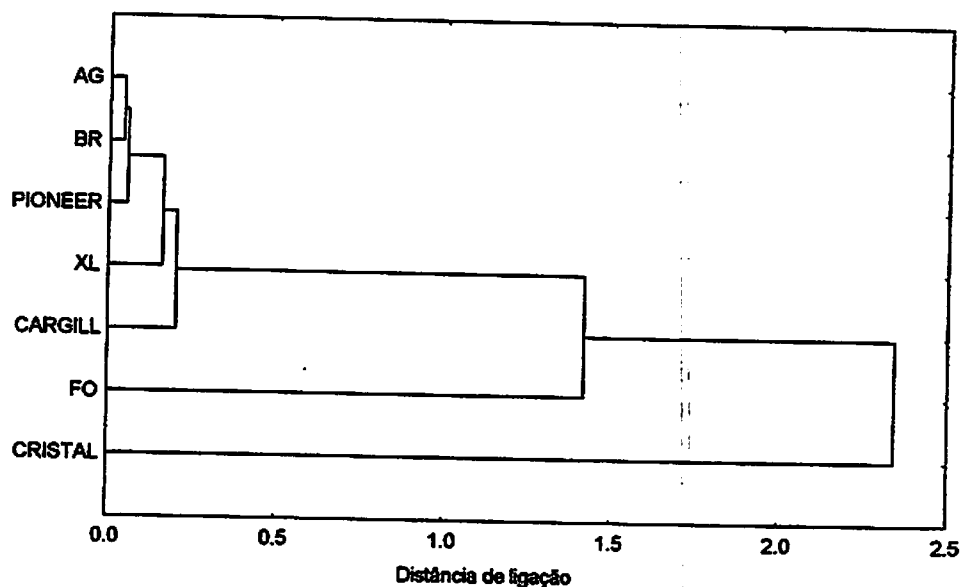


FIGURA 2 Dendrograma de ligação simples feito a partir da análise de agrupamento do vizinho mais próximo de 6 empresas e uma cultivar de milho mantida por agricultores (Cristal), baseado na Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2) de 12 caracteres morfológicos. Ver tabela 1 nomes das firmas.

Com o objetivo de explorar ainda mais os dados, foi realizada outra análise de agrupamento, pelo método hierárquico do vizinho mais próximo, considerando a classificação dos cultivares quanto aos tipos (HT, HD, HS e variedades) a que pertencem (Figura 3). Observando a escala da distância de ligação, verifica-se na Figura 3 que, adotando-se o nível de corte em 0,3 nenhum grupo pode ser formado, sugerindo, inicialmente, não existirem grandes diferenças entre os tipos de materiais. Observou-se também uma maior

divergência das variedades em relação aos outros tipos de materiais. Isso, provavelmente, foi devido a forte influência da variedade Cristal. (Figura 3).

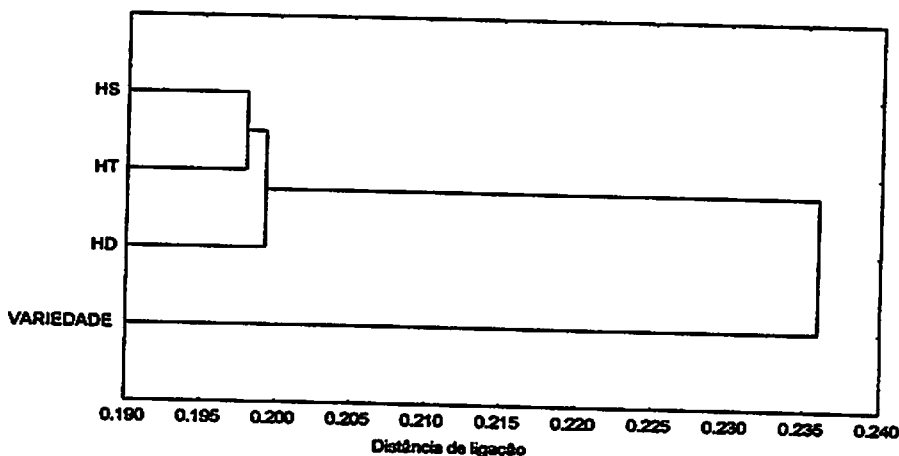


FIGURA 3 Dendrograma de ligação simples feito a partir da análise de agrupamento do vizinho mais próximo de 4 tipo de materiais de milho, baseado na Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2) de 12 caracteres morfológicos.

A dispersão gráfica dos escores da variável canônica de maior importância e que explicou 40,4% apenas da variação total e das produtividades médias dos 25 genitores estão apresentados na Figura 4. Constatou-se a mesma tendência observada no dendrograma da Figura 1, ou seja, o cultivar Cristal (23) foi o que apresentou-se mais divergente (escala horizontal), porém o de menor produtividade média (escala vertical). O cultivar forrageiro FO-01 (9) foi um segundo material mais divergente dos demais, com produtividade semelhante ao do Cristal. Chama a atenção o cultivar C-333B (10), com maior produtividade e com divergência intermediária, se for comparado ao FO-01 e ao Cristal. Devido à baixa explicação (40,4%) da variância total, os resultados desta técnica não serão abordados com maior profundidade.

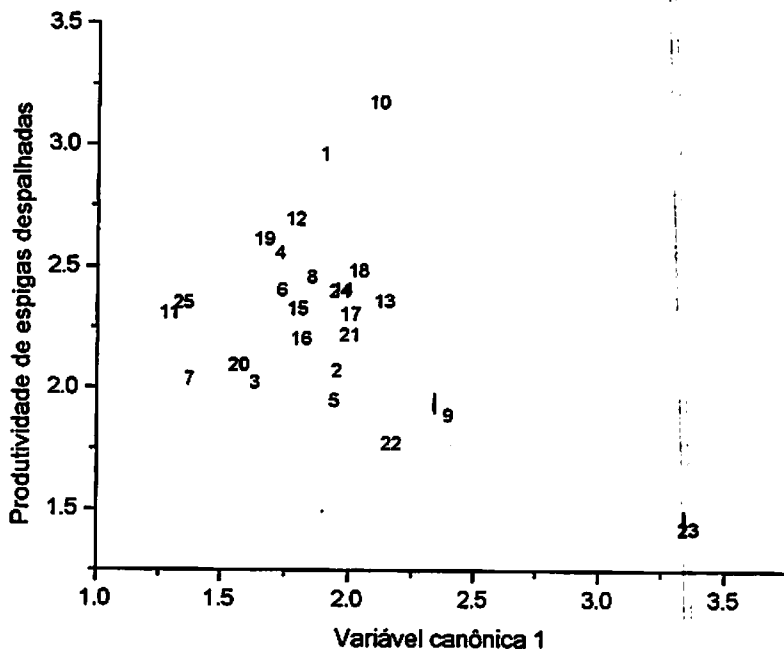


FIGURA 4 Dispersão de 25 genitores em relação às médias da análise conjunta para produção e as variáveis canônicas.

As distâncias generalizadas de Mahalanobis entre pares de genitores estão apresentadas na Tabela 7. A maioria das distâncias encontradas foram superiores a 0,3, que foi o nível de corte adotado. A menor distância ($D^2 = 0,125$) foi encontrada no par de genitores AG-5011 (4) com o C-333B (10) e a maior ($D^2 = 4,55$) entre o genitor C-915 (11) e o Cristal (23). Nesta Tabela, encontram-se, também, os valores de heterose (h) para todos os híbridos. Nenhuma heterose positiva e significativa foi detectada entre os cruzamentos de híbridos simples. Esse resultado era esperado, pois obter heterose para híbrido duplo é mais difícil que para híbridos simples que é resultado de cruzamentos entre linhagens. Chama a atenção o fato de apenas duas significâncias ($P < 0,05$) terem sido detectadas. A heterose entre o C-333B e o AG-5011 foi de -36,95% e a heterose entre o Cristal e o AG-9012 de 64,68%, ambos significativos ($P < 0,05$). As demais heteroses foram todas não significativas. Isso reflete uma ausência de variabilidade entre os híbridos para estas estimativas. A baixa variabilidade entre as estimativas e ausência de significâncias estão associadas ao menor poder dos testes, devido a uso de poucas repetições, conforme resultados obtidos por Veiga (1998) por meio de simulação. A h^2 ao nível de cruzamentos e genitores foi de 39%, e segundo Veiga (1998), em situações de menor herdabilidade, deve-se usar mais repetições.

TABELA 7 Distância de Mahalanobis (diagonal superior) e a heterose em porcentagem (diagonal inferior) dos 264 híbridos do cruzamento dialélico entre 25 cultivares recomendada para o Sul de Minas Gerais.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,517	0,612	0,685	0,776	0,604	1,106	0,563
2	9,26	ns						
3	-16,83	ns	16,81	ns				
4	-2,86	ns	-26,85	ns	13,48	ns		
5	-29,89	ns	-16,95	ns	-7,17	ns	-7,03	ns
6	-10,72	ns	-0,67	ns	-18,52	ns	-12,07	ns
7	-13,54	ns	8,85	ns	x	ns	-7,15	ns
8	-9,78	ns	-3,23	ns	-17,89	ns	0,46	ns
9	-12,82	ns	15,97	ns	x	ns	-5,94	ns
10	-7,40	ns	x	ns	-18,45	ns	-36,95	*
11	-13,86	ns	x	ns	16,27	ns	-14,75	ns
12	-20,42	ns	5,24	ns	4,96	ns	x	ns
13	-8,88	ns	x	ns	29,63	ns	-3,41	ns
14	-15,51	ns	34,76	ns	13,31	ns	-2,51	ns
15	-3,67	ns	9,54	ns	x	ns	-0,43	ns
16	-0,86	ns	x	ns	-8,03	ns	x	ns
17	0,46	ns	8,30	ns	-14,72	ns	-13,01	ns
18	-19,27	ns	2,33	ns	15,43	ns	x	ns
19	-11,24	ns	-7,27	ns	-22,76	ns	8,57	ns
20	0,51	ns	-6,27	ns	0,96	ns	-13,80	ns
21	-8,98	ns	18,36	ns	17,74	ns	-19,64	ns
22	23,35	ns	17,68	ns	x	ns	-15,98	ns
23	0,48	ns	44,93	ns	-8,45	ns	x	ns
24	-4,68	ns	5,80	ns	x	ns	x	ns
25	-11,11	ns	7,06	ns	x	ns	x	ns

continua

TABELA 7., Cont.

	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1,802	0,983	1,126	0,752	1,040	0,258	0,344	0,777	0,447
2	1,837	x	x	0,332	x	0,431	0,286	x	0,354
3	x	1,701	0,756	0,732	1,119	0,559	x	0,298	0,522
4	1,735	0,644	0,611	x	0,717	0,409	0,180	x	0,323
5	1,611	0,710	0,764	0,389	0,500	0,575	x	0,165	0,273
6	1,788	1,045	0,583	0,491	0,869	0,554	0,281	0,346	0,324
7	2,259	1,358	0,379	0,668	1,353	0,952	0,448	0,400	0,757
8	1,216	0,806	0,718	0,289	0,607	0,393	0,147	0,125	0,342
9		2,141	2,476	1,566	1,125	1,188	1,207	1,153	1,883
10	-17,93 ns		1,306	0,456	0,621	0,881	0,744	0,923	0,844
11	-13,83 ns	-1,24 ns		0,562	1,063	1,238	0,744	x	0,614
12	9,56 ns	-9,82 ns	-17,13 ns		0,428	0,748	0,365	0,227	x
13	-0,78 ns	-9,14 ns	-5,56 ns	-4,95 ns		0,753	0,534	x	0,800
14	-2,41 ns	-6,74 ns	-7,06 ns	16,63 ns	26,41 ns		0,152	0,614	0,273
15	-8,07 ns	-21,68 ns	x	-17,58 ns	-2,36 ns	4,33 ns		x	0,237
16	-3,16 ns	-12,86 ns	13,19 ns	-6,17 ns	x	8,81 ns	x		0,565
17	-6,50 ns	6,44 ns	17,68 ns	x	4,88 ns	-18,42 ns	6,37 ns	-8,25 ns	
18	-5,58 ns	-23,84 ns	4,82 ns	-3,00 ns	-2,24 ns	-7,02 ns	-3,16 ns	-8,66 ns	-10,13 ns
19	-14,79 ns	-18,74 ns	7,29 ns	-16,17 ns	-15,23 ns	5,89 ns	-5,89 ns	-1,97 ns	-18,20 ns
20	x	-19,57 ns	-7,39 ns	3,35 ns	8,98 ns	1,19 ns	11,85 ns	-0,22 ns	3,32 ns
21	15,74 ns	-8,16 ns	x	-12,59 ns	11,99 ns	-15,43 ns	-9,91 ns	-12,46 ns	8,67 ns
22	x	-1,29 ns	16,46 ns	3,62 ns	6,94 ns	-3,79 ns	7,91 ns	16,61 ns	13,23 ns
23	10,76 ns	24,22 ns	44,21 ns	-20,60 ns	36,17 ns	34,80 ns	23,75 ns	29,37 ns	24,95 ns
24	16,89 ns	-6,82 ns	-1,32 ns	-4,43 ns	10,77 ns	x	-6,18 ns	-14,16 ns	10,50 ns
25	7,24 ns	-11,17 ns	-14,42 ns	-15,30 ns	-2,79 ns	-14,93 ns	-16,31 ns	-16,39 ns	x

continua



TABELA 7., Cont.

	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0,550	0,491	0,662	0,350	0,900	2,790	0,310	0,835
2	0,207	0,329	0,566	0,145	0,462	2,353	0,311	0,568
3	0,706	0,377	0,346	0,565	x	3,390	x	x
4	x	0,299	0,578	0,311	0,456	x	x	x
5	0,314	0,221	0,487	0,270	0,184	2,233	0,271	0,626
6	x	0,271	0,348	0,410	0,420	2,869	0,326	0,589
7	0,940	0,251	0,554	0,847	0,806	4,184	0,576	0,449
8	x	0,195	0,467	0,268	0,395	2,579	0,250	0,538
9	1,353	1,827	x	1,435	x	2,702	1,610	2,271
10	0,516	0,754	1,376	0,527	0,942	2,492	0,776	1,304
11	0,734	0,366	0,330	x	1,087	4,546	0,962	0,354
12	0,306	0,260	0,543	0,386	0,785	2,996	0,647	0,617
13	0,167	0,745	0,843	0,374	0,685	2,268	0,841	0,932
14	0,460	0,586	0,816	0,166	0,702	2,692	x	0,721
15	0,260	0,206	0,395	0,135	0,439	2,830	0,175	0,358
16	0,373	0,184	0,413	0,397	0,463	2,744	0,428	0,545
17	0,389	0,440	0,645	0,172	0,235	2,184	0,134	x
18		0,389	0,416	x	0,362	x	0,391	x
19	-19,21	ns	0,317	0,380	0,494	3,021	0,276	0,387
20	-0,22	ns		0,539	0,648	x	0,556	0,284
21	x	-3,68	ns		x	2,283	x	0,535
22	11,33	ns	-4,09	ns	x	1,530	0,301	x
23	x	6,68	ns	15,15	ns		2,231	4,389
24	x	43,03	ns	x	20,54	ns		0,644
25	-5,37	ns	-4,77	ns	x	4,65	ns	
26	x	-13,32	ns	-12,86	ns	-3,31	ns	
27					x	-0,66	ns	
28							-34,89	ns

Obs: Ver tabela 1 nomes dos genitores.

† Significativamente diferente de zero pelo teste de t ao nível de 5% de significância.

Nas Tabelas 8 e 9, estão apresentadas as porcentagens de participação de cada genitor nas trinta melhores e piores combinações híbridas com relação as estimativas de cada um dos cinco parâmetros (CEC, média, D^2 , heterose e heterobeliose). Dentre as melhores estimativas, destaca-se a da variedade Cristal, com uma participação bastante expressiva em todos os parâmetros. A variedade Cristal não teve participação alguma dentre as 30 piores combinações quanto a divergência (D^2) e participou em 66,7% dentre as melhores combinações. Além disso, o fato desse material ter obtido o pior desempenho “per se” (5,4 t/ha), permitiu sua participação em 53,33% das melhores heterose e 30% dos seus híbridos superaram o genitor de maior média. O segundo genitor mais divergente (HT FO-01) apresentou 0% de participação entre as 30 piores combinações e 36,7% dentre as 30 melhores, para o D^2 . No entanto, sua participação nas melhores e piores combinações híbridas nos demais parâmetros não foi muito expressiva. Isso se deve ao fato já destacado anteriormente, que apesar desse material apresentar divergência genética, essa, por sua vez não foi suficiente para garantir a heterose, pois essa depende não só das diferenças alélicas, como também da dominância que, nesse caso, atua provavelmente no sentido de reduzir a expressão da característica (Falconer, 1981).

O genitor BR-105 teve a menor participação, tanto entre as melhores quanto nas piores estimativas em relação a todos os parâmetros. Uma hipótese possível para este fato, é que este genitor pode ter um elevado grau de parentesco com os demais, podendo assim, ser um dos precursores dos materiais estudados. Os genitores AG-1051 e o C-333B, obtiveram as maiores médias “per se” (10,98 t/ha) e (11,76 t/ha), respectivamente. Por esta razão, considerando o parâmetro heterobeliose, nenhuma das 30 melhores combinações híbridas a qual esses genitores participaram, conseguiu superá-los (Tabela 8). No entanto, verifica-se, na Tabela 9, que as maiores participações

com relação as estimativas desse parâmetro, 26,67% e 36,67% ocorreram para os referidos materiais, respectivamente.

TABELA 8 Porcentagens de participação de cada genitor nas trinta melhores combinações híbridas com relação as estimativas de cada um dos cinco parâmetros: capacidade específica de combinação (CEC), média, distância generalizada de Mahalanobis (D^2), heterose (h) e heterobeltiose (hb).

Genitor	CEC	média	D^2	h	hb
1	6,67	16,67	6,67	3,33	0,00
2	3,33	6,67	6,67	16,67	23,33
3	13,33	10	3,33	10,00	16,67
4	13,33	10	3,33	0,00	3,33
5	6,67	3,33	3,33	6,67	0,00
6	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67
7	6,67	6,67	6,67	10,00	13,33
8	6,67	3,33	3,33	3,33	3,33
9	16,67	0	36,67	3,33	3,33
10	6,67	23,33	6,67	3,33	0,00
11	10	13,33	6,67	6,67	13,33
12	6,67	6,67	3,33	0,00	0,00
13	6,67	10	3,33	10,00	16,67
14	13,33	13,33	3,33	13,33	16,67
15	3,33	0	3,33	3,33	0,00
16	3,33	0	3,33	3,33	3,33
17	6,67	13,33	6,67	6,67	6,67
18	6,67	3,33	0	0,00	0,00
19	10	10	6,67	3,33	6,67
20	3,33	0	0	0,00	0,00
21	10	3,33	3,33	10,00	13,33
22	6,67	6,67	0	20,00	13,33
23	16,67	20	66,67	53,33	30,00
24	6,67	13,33	3,33	6,67	10,00
25	3,33	0	6,67	0,00	0,00

TABELA 9 Percentagens de participação de cada genitor nas trinta piores combinações híbridas com relação as estimativas de cada um dos cinco parâmetros: capacidade específica de combinação (CEC), média, distância generalizada de Mahalanobis (D^2), heterose (h) e heterobeltiose (hb).

Genitor	CEC	Média	D^2	h	hb
1	10,00	3,33	3,33	13,33	26,67
2	10,00	6,67	6,67	6,67	3,33
3	16,67	16,67	0,00	16,67	16,67
4	10,00	13,33	6,67	10,00	13,33
5	13,33	16,67	13,33	13,33	3,33
6	10,00	10,00	3,33	6,67	10,00
7	6,67	10,00	3,33	0,00	3,33
8	6,67	6,67	26,67	10,00	10,00
9	6,67	16,67	0,00	3,33	10,00
10	6,67	3,33	0,00	26,67	36,67
11	13,33	3,33	0,00	3,33	0,00
12	6,67	3,33	6,67	13,33	6,67
13	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00
14	16,67	20,00	10,00	3,33	10,00
15	0,00	0,00	26,67	6,67	3,33
16	3,33	6,67	13,33	6,67	3,33
17	6,67	6,67	13,33	6,67	3,33
18	3,33	0,00	10,00	10,00	6,67
19	6,67	6,67	20,00	16,67	10,00
20	3,33	0,00	0,00	3,33	3,33
21	6,67	10,00	16,67	6,67	3,33
22	6,67	6,67	6,67	0,00	3,33
23	16,67	13,33	0,00	3,33	6,67
24	3,33	3,33	10,00	6,67	3,33
25	6,67	16,67	0,00	6,67	3,33

As percentagens de coincidência das trinta melhores e piores combinações híbridas entre as estimativas dos cinco parâmetros (D^2 , média, heterose e heterobeltiose) estão apresentados nas Tabelas 10 e 11. Para as melhores combinações, Tabela 10, verificou-se que a maior coincidência

ocorreu entre as estimativas de heterose e heterobeltiose (66,7%) e entre CEC e média (66,7%).

TABELA 10 Porcentagens de coincidência de cruzamentos nas trinta melhores combinações híbridas com relação as estimativas de cada um dos cinco parâmetros: capacidade específica de combinação (CEC), média, distância generalizada de Mahalanobis (D^2), heterose (h) e heterobeltiose (hb).

	D^2	Média	h	hb
CEC	20,00	66,67	43,33	43,33
D^2		20,00	50,00	30,00
Média			43,33	50,00
h				66,67

TABELA 11 Porcentagens de coincidência de cruzamentos nas trinta piores combinações híbridas com relação as estimativas de cada um dos cinco parâmetros: capacidade específica de combinação (CEC), média, distância generalizada de Mahalanobis (D^2), heterose (h) e heterobeltiose (hb).

	D^2	Média	h	hb
CEC	13,33	73,33	50,00	46,67
D^2		6,67	6,67	6,67
Média			50,00	43,33
h				70,00

Isso indica que os 66,7% dos 30 híbridos mais heteróticos estavam também entre os 30 com de maiores heterobeltiose, e também, que dentre os 30 mais produtivos 66,7% deles estavam entre os que apresentaram maior estimativa da CEC. Com relação as estimativas de D^2 , verificou-se que as maiores coincidências foram obtidas com a heterose (50%) e com a

heterobeltiose (30%). Isso indica que 50% dos híbridos, cujos genitores apresentaram maior divergência, foram também os mais heteróticos. Com relação as 30 maiores estimativas de CEC e das 30 maiores performance média dos híbridos, apenas 20% dos pares mais divergentes (maior D^2) foram coincidentes. A constatação de que uma alta coincidência (50%), existente entre as maiores estimativas D^2 e estimativas de heterose são importantes para os melhoristas, uma vez que as técnicas multivariadas têm o propósito de permitir a inferência a respeito de que os pares mais divergentes estariam associados aos híbridos que possuem maiores estimativas de heterose (Falconer, 1981)

Com relação às coincidências entre as 30 piores combinações híbridas (Tabela 9), novamente a CEC - média e h-hb foram os pares que apresentaram as maiores coincidências, 73,3% e 70%, respectivamente. Chama a atenção o fato da distância generalizada de Mahalanobis (D^2) apresentar baixos valores de coincidência (menos de 13,3%) em todos os casos. Portanto, pequenas divergências nem sempre foram associadas a baixas estimativas de CEC, heterose, heterobeltiose ou de baixas produtividades. Isso pode ser explicado considerando que apesar de ser pequena a divergência entre a maioria dos genitores, se for comparada com a divergência dos Cristal e do HT FO-01 em relação aos demais genitores, foi suficiente para que os híbridos resultantes expressassem heterose, heterobeltiose ou CEC, uma vez que eram resultantes do cruzamento de materiais adaptados à região.

O coeficiente de correlação linear de Pearson entre as estimativas dos cinco parâmetros para os 264 combinações híbridas estão apresentadas na Tabela 12. Verificou-se que a maioria dos coeficientes de correlação foram significativamente ($P < 0,05$) diferente de zero, excetuando-se a estimativa entre a CEC e D^2 ($r = 0,051$) e entre a média e o D^2 ($r = 0,082$). As maiores estimativas encontradas foram novamente, como ocorreu com a porcentagem de

coincidência, entre a CEC e a média ($r = 0,881$) e entre a heterose e heterobeltiose ($r = 0,889$).

As estimativas da correlação de Pearson entre a distância de Mahalanobis e a heterose foi altamente significativa ($P < 0,01$) com valor 0,398, o qual não pode ser considerado elevado. Já a estimativa de correlação entre D^2 e heterobeltiose foi de menor magnitude (0,137) sendo significativa ao nível de 5%. Esses resultados assemelharam-se com os obtidos na literatura como os de Smith e Smith (1989) que obteve uma correlação entre distância de Mahalanobis e a média da produção de grão de milho equivalente a 0,35; e os de Ferreira (1993) que embora tenha encontrado coeficiente de correlação significativa; distância de Mahalanobis e CEC (0,006^{ns}) e distância de Mahalanobis e heterose (0,389**), estas foram de pequena magnitude, demonstrando haver uma baixa previsibilidade entre os parâmetros multivariados e o comportamento dos híbridos.

TABELA 12 Coeficiente de correlação linear de Pearson estimados para os duzentos e sessenta e quatro híbridos obtidos entre os cinco parâmetros: capacidade específica de combinação (CEC), média, distância generalizada de Mahalanobis (D^2), heterose (h) e heterobeltiose (hb).

	D^2	Média	h	hb
CEC	0,051	0,881**	0,712**	0,658**
D^2		0,082	0,398**	0,137*
Média			0,663**	0,538**
h				0,889**

*,** Estimativas significativas ao nível 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste de t, respectivamente

Para o melhorista muitas vezes o que interessa não é a magnitude das estimativas em si, mas a classificação dos materiais. Dessa forma, na Tabela 13, estão apresentadas as estimativas das correlações classificatórias de Spearman entre os cinco parâmetros estudados. Os mesmos resultados obtidos na Tabela 12 foram verificados aqui, a não ser a elevação da maioria das estimativas neste último caso. As exceções ocorreram, principalmente, com relação aos coeficientes de correlação que envolviam a distância de Mahalanobis. A correlação, entre a média e D^2 (0,134), neste caso, passou a ser significativa ($P < 0,05$), apesar da baixa magnitude da mesma. Um outro fato que chama a atenção é que o coeficiente de correlação entre D^2 e hb deixou de ser significativo. Os valores mais satisfatórios foram encontrados para a correlação entre as distâncias de Mahalanobis e a heterose. Neste caso, correlações altamente significativas ($P < 0,01$) foram detectadas para ambos os métodos (Pearson e Spearman), porém de pequena magnitude (0,398) e (0,261), respectivamente.

Como foi comentado anteriormente, dentre as estimativas de CEC apenas 7,95% foram significativamente diferentes de zero e dentre as estimativas de heterose isso aconteceu para apenas 0,76% delas. Assim a grande maioria foi estatisticamente igual a zero, não aparentando variabilidade entre elas. Isso em parte pode explicar as baixas estimativas de correlações obtidas entre D^2 e a CEC e heterose. Essa mesma explicação foi apresentada por Ferreira (1993).

É conveniente salientar que vários grupos divergentes foram identificados pela análise de agrupamento. No entanto, nem todos os cultivares e nem todos os híbridos resultantes apresentaram divergência compatível com os resultados das análises dialéticas. Mesmo assim pares de genitores que apresentaram elevadas estimativas de D^2 , ou seja, que foram divergentes, apresentaram elevada proporção de coincidência entre as 30 maiores combinações híbridas de maior heterose.

TABELA 13 Coeficiente de correlação linear de Spearman estimados para os duzentos e sessenta e quatro híbridos obtidos entre cinco parâmetros: capacidade específica de combinação (CEC), média, distância generalizada de Mahalanobis (D^2), heterose (h) e heterobeltiose (hb).

	D^2	Média	h	hb
CEC	0,0867	0,864**	0,704**	0,632**
D^2		0,134*	0,261**	0,084
Média			0,652**	0,531**
h				0,901**

*, ** Estimativas significativas ao nível 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste de t, respectivamente.

As correlações de Pearson entre as estimativas de D^2 e as estimativas de h e hb, embora significativas, foram de pequena magnitude. Para a CEC e D^2 nenhuma estimativa de correlação Pearson ou Spearman foi significativa. Uma explicação para esse fato foi a pequena variação entre as estimativas de herdabilidade e de CEC. Os resultados de Veiga (1998) ressaltam a importância de usar mais repetições em situações de menor herdabilidade para obter estimativas com maior precisão. Nesse trabalho, na presença de dominância completa e em situações com baixa herdabilidade, Veiga (1998) detectou significância ($P < 0,05$) com 10 repetições para CEC, mas não detectou quando utilizou 2 repetições.

Outro ponto importante com relação às correlações é o número de combinações híbridas que estão sendo correlacionadas, pois é mais fácil encontrar altas correlações quando se usa um pequeno número de combinações

híbridas do que quando se usa muitas. Na literatura encontram-se alguns trabalhos que evidenciam esse fato, como os de Cruz (1990) que encontrou correlações de 0,73 entre D^2 e h e de 0,77 entre D^2 e média entre dez híbridos de milho; Miranda (1998) usando dez híbridos de soja encontrou correlação de 0,70 entre D^2 e h para a característica produção por planta; trabalhando com cacau, Dias e Kageyama (1997) também usando dez combinações híbridas encontrou correlações significativas entre D^2 e média para peso de sementes úmidas por planta (0,68) e por fruto (0,76). Já Ferreira (1993) usando 378 combinações híbridas de milho encontrou correlações entre D^2 e CEC de 0,006 (não significativa) e 0,389 (significativa) entre D^2 e h, assemelhando-se com o presente trabalho.

A variedade Cristal mantida por agricultores da região Sul de Minas Gerais por vários anos, mostrou-se como de maior divergência em relação aos demais genitores. Apesar de ter obtido o pior desempenho "per se" (5,4t/ha), o Cristal apresentou 66,6% dos seus híbridos como pertencente ao grupo mais produtivo (grupo a), e das vinte e uma CEC's significativa ($P < 0,05$), a variedade esteve presente em grande proporção tanto nas estimativas positivas quanto nas negativas. Esse material mostrou-se promissor para ser usado nos programas de melhoramento, pois, além de apresentar divergência, a maioria de seus híbridos apresentou dominância no sentido de aumentar a expressão da característica. Porém deve ser ressaltado que apesar dessa variedade possuir grãos duros, que é uma característica desejável do ponto de vista de comercialização, possui altura de planta e espiga, bem como a cor de grão (branca) indesejáveis. Sendo assim, uma alternativa para viabilizar o uso desse material e melhorar o seu porte e mudar a cor do grão para amarela.

A divergência genética não foi suficiente por si só para garantir a heterose positiva. Duas hipóteses podem ser consideradas para explicar o fato: a primeira é que em se tratando de um caráter quantitativo, como é o caso da

produção, pode-se deparar em casos onde exista dominância bidirecional, ou seja, alguns locos são dominantes em uma direção e outros em outra (Falconer, 1981); a segunda é que alguns caracteres usados para estimar a divergência são de pouco interesse para o caráter produção de grãos.

O genitor BR-105 apresentou todas as estimativas de CEC nulas, bem como a menor participação entre as trinta melhores e piores combinações híbridas em relação a todos os parâmetros (CEC, média, D^2 , heterose e heterobeltiose). Esses fatores levantam a hipótese desse material ter um elevado parentesco com os demais, sugerindo ser um dos precursores das maioria dos genitores estudados.

O uso de poucas plantas na ocasião do cruzamento dialélico, provavelmente, não representou a variabilidade total presente nos cultivares. Esta hipótese pode ser usada para justificar a baixa produtividade e capacidade específica de combinação não significativa do híbrido entre a variedade BR-105 e BR-106, considerados como de padrões heteróticos distintos.

5 CONCLUSÕES

A análise multivariada permitiu formar seis grupos divergentes, que são: grupo um constituído pela variedade Cristal; grupo dois pelo híbrido triplo Fo-01; grupo três pelo híbrido simples C-915; grupo quatro pelo híbrido simples C-333B; grupo cinco pelas cultivares P-3069 e BR-105 e grupo seis constituídos pelos demais materiais.

Nem todas as distâncias estimadas pela análise multivariada apresentaram-se compatíveis com os resultados da análise dialélica, havendo coincidência somente entre as trinta combinações híbridas de maior heterose.

A correlação entre a distância de Mahalanobis e a heterose, embora de baixa magnitude, foi altamente significativa.

A performance individual dos materiais mostrou-se uma boa estratégia para escolha de genitores, se associada a valores altos e positivos de CGC, como é o caso dos materiais AG-1051, C-333B e C-125.

A variedade Cristal mostrou-se bastante promissora para ser usada nos programas de melhoramento, porém possui fenótipos para altura de planta e de espiga, bem como para cor dos grãos, indesejáveis.

O uso de pequeno número de repetições ($r=2$) foi considerado como responsável pela baixa proporção de estimativas significativas de heterose e capacidade de combinação. Esse fato ressalta a importância de usar um maior número de repetições em trabalhos dessa natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A.F.B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais.** Lavras: UFLA, 1997. 79p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- AMARAL JUNIOR, A.Y. **Análise multivariada e isoenzimática da divergência genética entre acessos de moranga (*Cucurbita máxima* Duchesne).** Viçosa, 1994. 95p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- BAENZIGER, P.S.; PETERSON, E.J. Genetic variation: Its origin and use for breeding self-pollinated species. In: STALKER, H.T.; MULTRIPHY, J.P. **Plant breeding in the 1990's**, North Caroline State University, p.69-100, 1991.
- BECK, D.L.; VASAL, S.K.; CROSSA, J. Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate-maturity maize germplasm. **Crop Science**, Madison, v. 31, p.68-73, Jan./Feb. 1991.
- BOCK, R.D. **Multivariate statistical methods in behavioral research.** USA, 1975. 623p.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental designs.** 2.ed. New York: J. Wiley & Sons, 1.957. 611p.
- CRESS, C.E. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations. **Genetics**, v.53, p.269-274, 1966.
- CROSSA, J.; TABA, S.; WELLHAUSEN, E.J. Heterotic patterns among mexican races of maize. **Crop Science**, Nadison, v.30, p.1182-1190, Nov. / Dec. 1990.
- CRUZ, C. D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas.** Piracicaba, ESALQ/USP, 1990. 188p. (Tese Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas.).
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados a genética quantitativa.** Viçosa: UFV, 1997. 2ª edição 287p.

- DIAS, L.A.S., KAGEYAMA, P.Y. Multivariate genetic divergence and hybrid performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto*, v. 20, n.1, p.63-70, 1997.
- DOBHAL, V.K. Genetic divergence in soybean. *Legume Research, Phagl*, v. 18, n.1, p.29-34, 1995.
- EDWARDS, A.W.F. & CAVALLI-SFORZA, L.T.A. Method for cluster analysis. *Biometrics, Raleigh*, 362-75, June 1965.
- FALCONER, D.S. *Introdução à genética quantitativa*. Tradução de M.A. SILVA e J.C. SILVA. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1981. 279 p.
- FERREIRA, D. F. Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. Lavas: ESAL, 1993. 72p. (Dissertação Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations. *Biometrics, Raleigh*, v. 22, p.439-452, Sept 1966.
- GERDES, J.T.; TRACY, W.F. Pedigree diversity within the Lancaster SureCrop heterotic group of maize. *Crop Science, Madison*, v.33, p.334-337, Mar./Apr. 1993.
- GODOI, C.R. de M. *Análise estatística multidimensional*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1985. 187 p.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 12 ed. Piracicaba, ESALQ/USP, 1987. 467p.
- GOODMAN, M.M.; BROWN, W.L. Races of corn. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (ed.). *Corn and corn improvement*. 3 ed. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1988. p.33-79.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences, Melbourne*, v.9, p.463-493, 1956.

- HALLAUER, A.R.; RUSSEL, W.A.; LAMKEY, K.R. Corn breeding. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (ed.). **Corn and corn improvement**. 3.ed. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1988. p.463-564.
- HALLAUER, A.R., MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize**. Ames: Iowa State Univ. Press, 1981. 468 p.
- HUSSAINI, S.H.; GOODMAN, M.M. & TIMOTHY, D.H. Multivariate analysis and geographical distribution of the world collection of finger millet. **Crop Science**, Madison, 17: 257-263, Mar./Apr. 1977.
- JAMES, F.C.; MCCULLOCH, C.E. Multivariate analysis in ecology and systematics: panacea or pandora's box? **Annual Review of Ecology and Systematics**, V.21, p.129-166, 1990.
- JINKS, J.L., POONI, H.S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, v. 36, n.2, p. 253-266, 1976.
- JOHNSON, R. & WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 2nd ed. International edition, Prentice-hall, 1988. 607 p.
- MALUF, W. R.; FERREIRA, P. E.; MIRANDA, J. E. C. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis in hybrids. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.6, n.3, p.453-60, 1983.
- MALUF, W. R.; FERREIRA, P. E. Análise multivariada da divergência genética em feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.1, n.2, p.31-34, nov., 1983.
- MIRANDA, G.V., **Diversidade genética e desempenho de cultivares elites de soja como progenitores**. Viçosa: UFV, 1998. 117 p. (Tese-doutorado em genética e melhoramento).
- MIRANDA, J. E. C.; CRUZ, C. D.; COSTA, C. P. Predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annum* L.) pela divergência genética dos progenitores. **Revista Brasileira de Genética**, v.11. p.929-937, 1988.

- MIRANDA FILHO, J. B. ; GERALDI, I. O . An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. *Revista Brasileira de Genética*. Ribeirão Preto, v.4,n.7, p.677-688, 1994, 1994.
- MOLL, R.H.; LONNQUIST, J.H.; VÉLEL FORTUNO, J.; JOHNSON, E.C. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52, p.139-144, 1965.
- MORRISON, D.F. *Multivariate statistical methods*. New York: McGraw-Hill, 1967, 415p.
- MUNGOMA, C.; POLLAK, L.M. Heterotic patterns among tern corn belt and exotic maize populations. *Crop Science*, Madison, v.28, p.500-504, May/June 1988.
- NEGRILLO, B.G. & PERRE, M.A. *Métodos multivariados e aplicações*. Londrina, UEL, 1987.
- ORDÁS, A. Heterosis in crosses between American and Spanish Populations of maize. *Crop Science*, Madison, v.31, p.931-935, 1991.
- PAIVA, J.R. Genetic divergence among Hevea primary clones. *Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia, Manaus*, v.7, n.2, p.107-119, 1994.
- PATIL, R.R.; Sheriff, R.A. Genetic divergence in sesame (*Sesamum indicum* L.) *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, Bangalore, v. 6, p.106 - 110, 1994.
- PÉREZ-VELASQUEZ, J.C.; CEBALLOS, H.; PANDEY, S.; DÍAZ-AMARIS, C. Analysis of dialled crosses among colombian landraces and improved populations of maize. *Crop Science*, Madison, v.35, p.572-578, Mar./Apr. 1995.
- RAMALHO, M.A., SANTOS, J.B., ZIMMERMANN, M.J. de O. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Editora da UFG, 1993. 271 p.
- RAO, R.C. *Advanced statistical methods in biometrical research*. New York:, J. Wiley and Son, 1952. 390p.

- REIS, W.P. **Divergência genética entre cultivares brasileiros de trigo recomendados no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1998. 77 p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)
- REVILLA, P.; TRACY, W.F. Heterotic patterns among open pollinated sweet corn cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Madison, v.122 (3), p.319-324, 1997.
- REVILLA, P.; TRACY, W.F. Morphological characterization and classification of open-pollinated sweet corn cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Madison, v.122 (3), p.112-118, 1995b.
- REVILLA, P.; TRACY, W.F. Isozyme variation and phylogenetic relationships among open-pollinated sweet corn cultivars. *Crop Science*. Madison, v.35 (1), p.219-227, 1995a.
- RIBEIRO, P.H.E; **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1998, 126p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- SAS Institute. **SAS Language and procedures: Usage**. Version 6,1st ed. Cary NC: SAS Institute Inc., 1995, 373p.
- SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 30(5): 638-689, 1994.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30: 507-512, 1974.
- SEARLE, S.R. **Linear Models**. New York: John Wiley & Sons, 1971, 532p.
- SILVA, R.M.da. **Estudo do sistema reprodutivo e divergência genética em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (willd ex Spreng) Shum.)**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1996, 151p. (Tese MS)
- SINGH, Y.P.; KUMAR, A.; CHAUHAN, B.P.S. Genetic divergence in pearl millet. *Ind J. Genetic Plant Breed.*, v.44, p.186-190, 1981.

- SINGS, S.P. & RAMANUJAN, S. **Genetic divergence and hybrid performance in acer arietinum L.** Indian Journal of Genetics & Plant Breeding, New Delhi, 41 (2): 28-76, July, 1981.
- SMITH, D.F. ; SMITH, J.S.C. **Prediction of heterosis using pedigree relationship, biochemical and morfological data.** In: Annual-Illinois Corn Breeders School, 23, Illinois. Proceedings. Illinois: Editora, 1987. p. 1-21
- SMITH, J.S.C., SMITH, O.S. **The description and assessment of distances between inbred lines of maize, II. The utility of morphological, biochemical, and Genetic descriptors and a Scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines.** Maydica, Bergamo, v. 34, n.2, p. 151-161, 1989.
- SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. **Statistical methods.** 6. Ed. Ames, Iows. The Iows State Colege Press, 1978. 485p.
- SPANER, D.; BRATHWAITE, R.A.I.; MATHER, D.E. **Diallel study of open-pollinated maize varieties in trinidad.** Euphytica 92, v.90, p.65-72, 1996.
- SPRAGUE, G.F. ; TATUM, L.A. **General vs. specific combining ability in single crosses of corn.** Journal of American Society of Agronomy, Madison, v.34, p.923-932, 1942.
- STELL, R. G.; TORRIE, J. H. **Priciples and procedures of statistic. A biometrical approach.** New York. McGraw-Hill Book Company, 1980. 633p.
- SURESH, K.S.; KHANNA, R. **Physiological, biochemical and genetics basis of heterosis.** Advances in Agronomy, v.27, p.123-174, 1975.
- VASAL, S.K.; SRINIVASAN, G.; GONZÁLEZ, F.; BECK, D.L.; CROSSA, J. **Heterosis and combining ability of CIMMYT'S quality protein maize germplasm: II. Subtropical.** Crop Science, Madison, V.33, p.51-57,1993.
- VEIGA, R.D. **Eficiência dos dialelos circulantes na escolha de genitores, avaliada com simulação de dados.** Lavras: UFLA, 1998, 95p. (Tese doutorado em Genética e Melhoramento).
- VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

VENCOVSKY, R. Herança Quantitativa, In: PATERNIANI, E., VIÉGAS, G.P., (ed). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. P.137-214.

VIÉGAS, G.P.; MIRANDA FILHO. J.B. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (ed.). **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. V.1, p.275-340.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize na objective function.J. **Amer. Statist. Assoc.**, Washington, v.58, p.236-244, 1963.

YADAV, D.S.; PRASADA; SINGA, N.D. Genetic divergence for fruit yield and its components in brinjal (*Solanum melongena* L.) **Annos of agricultural Research, Manipur**. v.17, n.3, p.265-271, 1996.

ANEXOS

ANEXO A

Página

TABELA 1A	Resumo das heteroses em relação à média dos parentais e ao parental mais produtivo, em diferentes épocas e entre variedades originais e melhoradas.	65
-----------	--	----

TABELA 1A Resumo das heteroses em relação à média dos parentais e ao parental mais produtivo, em diferentes épocas e entre variedades originais e melhoradas.

Fonte	Variedades parentais	Variedades cruzadas	Heterose média		Cruzamentos intervarietais que excederam	
			Média	Maior	Média	Maior
Richey (1922)	---	244	---	---	86,5	67,8
Hallauer e Miranda Filho (1981)	611	1394	19,5	8,2	88,3	66,6
Antes de 1932	263	251	9,9	0,0	80,9	53,0
Depois de 1955	348	1143	21,6	10,0	90,0	69,7
Original	21	40	17,9	8,3	100,0	85,0
Melhorada	25	71	18,8	11,1	100,0	87,3