

**ESTIMATIVAS DE  $m+a'$  e  $d$  COMO  
INDICADORES DO POTENCIAL DE HÍBRIDOS  
DE MILHO PARA EXTRAÇÃO DE LINHAGENS**

**LARYSSA FERREIRA VIANA**

**2007**

**LARYSSA FERREIRA VIANA**

**ESTIMATIVAS DE  $m+a'$  e  $d$  COMO INDICADORES DO  
POTENCIAL DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA EXTRAÇÃO DE  
LINHAGENS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. João Cândido de Souza

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

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

Viana, Laryssa Ferreira.

Estimativas de  $m+a'$  e  $d$  como indicadores do potencial de híbridos de milho para extração de linhagens / Laryssa Ferreira Viana. -- Lavras : UFLA, 2007.  
64 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: João Cândido de Souza.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Estimativa de  $m+a'$ . 3. Heterose. 4. Linhagens. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.1523

**LARYSSA FERREIRA VIANA**

**ESTIMATIVAS DE  $m+a'$  e  $d$  COMO INDICADORES DO  
POTENCIAL DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA EXTRAÇÃO DE  
LINHAGENS**

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

APROVADA em 03 de Agosto de 2007.

Prof. Dr. Samuel Pereira de Carvalho – UFLA

Dr. Lauro José Moreira Guimarães – EMBRAPA/ CNPMS

Prof. Dr. João Cândido de Souza  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

“ Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível”.

(São Francisco de Assis)

Aos meus pais, Antônio Carlos e Neusa.

Aos meus irmãos, cunhadas e sobrinhas.

Ao meu namorado, Thiago.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais esta etapa vencida.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, pela oportunidade concedida.

À CAPES, pelo suporte financeiro concedido para a realização do curso.

Ao professor João Cândido de Souza, pela força, orientação, ensinamento, compreensão e pelo estímulo em buscar sempre mais conhecimento.

Aos professores Magno Antônio Patto Ramalho, João Bosco dos Santos, César Augusto B.P. Pinto, Elaine Aparecida de Souza, Lisete Chamma Davide, Daniel Furtado Ferreira, Ângela de Fátima Barbosa Abreu, Renzo G. Von Pinho e Flávia Avelar, pelos ensinamentos e amigável convivência.

Ao professor Samuel P. de Carvalho e ao pesquisador Lauro José Moreira Guimarães, pela disponibilidade em participarem da banca de defesa e pelas contribuições apresentadas.

A todos os colegas e amigos do Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, pela enriquecedora convivência e auxílio nos trabalhos.

Aos funcionários de campo e aos funcionários do DBI, pela atenção e amizade.

Aos meus pais e familiares, pelo apoio constante em todos os momentos de minha vida.

Ao meu namorado, Thiago, pelo apoio, incentivo, carinho e dedicação, meu sincero reconhecimento e agradecimento.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Milho híbrido.....	03
2.2 Escolha de populações para extração de linhagens.....	06
2.3 Depressão por endogamia em milho.....	10
2.4 Estimativas da depressão por endogamia.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Material genético.....	21
3.2 Condução dos experimentos.....	21
3.3 Análise dos dados.....	23
3.3.1 Análise de variância.....	23
3.3.2 Estimativa da contribuição dos locos em homozigose ( $m+a'$ ).....	24
3.3.3 Estimativa da contribuição dos locos em heterozigose (d).....	25
3.3.4 Estimativa da correlação fenotípica.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXOS.....	53

## RESUMO

VIANA, Laryssa Ferreira. **Estimativas de  $m+a'$  e  $d$  como indicadores do potencial de híbridos de milho para extração de linhagens.** 2007. 64 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)–Universidade Federal de Lavras, MG.\*

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estimar a contribuição dos locos em heterozigose ( $d$ ) e a contribuição dos locos em homozigose ( $m+a'$ ) de caracteres morfofisiológicos para verificar o potencial de híbridos comerciais na utilização em programas de melhoramento. Foram utilizadas as gerações  $F_1$  e  $F_2$  de dez híbridos simples comerciais (DKB 199, 30F90, A2555, DKB 333B, DOW 657, AG 8060, 30F87, DOW 8420, 30K75, AG 7000). De posse da geração  $F_1$  desses híbridos, adquirida no comércio local, foram obtidas as gerações  $F_2=S_0$  de cada híbrido, por meio de autofecundações controladas. Os experimentos foram conduzidos em Lavras, na Fazenda Experimental Vitorinha e em Ijaci, no ano agrícola de 2005/06. Os tratos culturais foram os normalmente utilizados pelos agricultores para a cultura do milho na região. Os tratamentos foram avaliados utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, com três repetições, sendo os dados tomados em cinco plantas/repetição. Os caracteres avaliados foram: altura de plantas, altura de espiga, número de folhas acima da espiga, diâmetro do colmo, comprimento da espiga, diâmetro da espiga, diâmetro do sabugo, peso da espiga e peso de grãos. Foi realizada uma análise de variância por local e, posteriormente, a análise conjunta dos dados. Obteve-se a estimativa de  $m+a'$ , que corresponde à média de todas as linhagens na geração  $S_\infty$ , permitindo avaliar o potencial das populações em gerações precoces. Contudo, é necessário que a maior estimativa de  $m+a'$  esteja associada à maior variância entre as linhagens, que é medida pela estimativa de  $d$ . Uma das opções para a extração de linhagens são os híbridos comerciais, pois apresentam ampla adaptação, alto potencial produtivo, são altamente heterozigóticos, associando, desse modo, média alta e grande variação. Neste trabalho, maiores estimativas de  $m+a'$  para o caráter peso de grãos foram obtidas para os híbridos A2555 e AG7000. Portanto, pode-se inferir que esses dois híbridos demonstram grande potencial para a extração de linhagens. Pôde-se observar que, em termos percentuais, a heterose foi responsável, em média, por 69,36% da produção da geração  $F_1$  e os restantes 30,64% devido à média das linhagens parentais. Obtiveram-se também as correlações entre as médias da geração  $F_1$  e  $m+a'$  e as correlações entre as médias da geração  $F_1$  e  $d$ , mas, para a maioria dos caracteres, foram não significativas, indicando não haver possibilidade de selecionar populações com base na média da geração  $F_1$ .

---

\* Comitê de orientação: João Cândido de Souza - UFLA (Orientador).



## ABSTRACT

VIANA, Laryssa Ferreira. **Estimation of  $m+a'$  and  $d$  and the potential single cross of maize hybrids for line extraction.** 2007. 64 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

The purposes of this study were to estimate the contribution of heterozygous loci ( $d$ ) and the contribution of homozygous loci ( $m+a'$ ) for morphophysiological characters and to verify the potential of commercial maize hybrids for breeding programs. F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations of ten commercial single cross hybrids were used (DKB 199, 30F90, A2555, DKB 333B, DOW 657, AG 8060, 30F87, DOW 8420, 30K75, AG 7000). From the F<sub>1</sub> generation of each hybrid, acquired in the local commerce, the F<sub>2</sub>=S<sub>0</sub> generations were obtained by controlled selfings. The experiments were carried out in Lavras, Vitorinha community and Ijaci county, in the crop season of 2005/06. The cultural practices were those normally used by the maize growers in the region. Treatments were evaluated using a randomized complete block design, with 3 replications, and data taken from five plants per replication. The characters evaluated were: plant and ear height, number of ears, number of leaves above the ear, stalk diameter, ear length, ear diameter, cob diameter, ear weigh and grain weigh. Analysis of variance was performed for place and then a joint analysis of the data were made. Estimate of  $m+a'$  was obtained which corresponds to the average of all lines in the S<sub>∞</sub> generation allowing to assess the populations potential in early generations. However, it is necessary to have a higher estimate of  $m+a'$  associated with higher variance between the lines, which is measured through the estimation of  $d$ . One option for line extraction is the commercial hybrids, since they present a wide range of adaptation, high production potential and are highly heterozygous associating high average and great variation. In this work larger estimations of  $m+a'$  for grain weight were obtained for the hybrids A2555 and AG7000 which allow to infer that these two hybrids demonstrate a great potential for line extraction. In the average, heterosis responded for 69.36% of grain yield in the F<sub>1</sub> generation. The remaining 30.64% were due to parental line means. It was also obtained the correlations between the average of F<sub>1</sub> generations of the hybrids and  $m+a'$  and the correlation between the average of F<sub>1</sub> generations of the hybrids and  $d$ , but for most characters they were not significant, showing that it is not possible to select the populations based on the average of the F<sub>1</sub> generations.

---

\* Comitê de orientação: João Cândido de Souza- UFLA (Orientador).

## 1 INTRODUÇÃO

O sucesso de um programa de melhoramento de milho visando à obtenção de híbridos está ligado à identificação das populações mais promissoras para a extração das linhagens. Entre os procedimentos que auxiliam os melhoristas nessa escolha, destaca-se a estimativa de  $m+a'$ , que corresponde à média de todas as linhagens na geração  $S_{\infty}$ . Esse método, proposto por Vencovsky (1987), permite avaliar o potencial das populações em gerações precoces, facilitando a escolha das populações a serem utilizadas.

O desempenho da geração  $F_1$  de um híbrido é função de  $m+a'+d$ , em que  $m+a'$  é a contribuição dos locos em homozigose, já fixados e  $d$  é o desvio dos heterozigotos em relação à média. Assim,  $m+a'$  depende do desempenho das linhagens *per se* e  $d$  depende da divergência entre as linhagens e da existência de dominância no controle do caráter. Do exposto, para se obter bons híbridos, é necessário o bom desempenho das linhagens *per se* e que elas sejam divergentes.

Na escolha das populações, deve-se dar ênfase àquelas que associem médias altas e maior divergência possível (Vianna et al., 1982; Lima et al., 1984; Teresawa Junior, 1993; Nass & Miranda Filho, 1995; Packer, 1998; Souza Sobrinho et al., 2001). Várias são as opções de populações que podem ser utilizadas para a extração de linhagens. A mais viável, no entanto, parece ser a utilização de híbridos comerciais, pois eles têm a vantagem de já terem sido testados em vários ambientes, associando, dessa forma, alta produtividade com grande proporção de locos favoráveis já fixados.

O método frequentemente utilizado para a obtenção de linhagens homozigóticas é a autofecundação artificial, tendo como consequência principal a depressão por endogamia. Assim, o valor de uma população como fonte de linhagens é dependente da depressão por endogamia em relação às várias

características, principalmente rendimento de grãos, o que limita a obtenção de boas linhagens para a posterior obtenção de híbridos vigorosos (Lima et al., 1984). Existem vários trabalhos que citam as estimativas de depressão por endogamia para várias características empregando diferentes populações em milho (Hallauer & Sears, 1973; Good & Hallauer, 1977; Vianna et al., 1982; Lima et al., 1984; Nass & Miranda Filho, 1995 e Vasal et al., 1995). No contexto de caracteres morfofisiológicos, Farias Neto & Miranda Filho (2000) identificaram expressiva depressão por endogamia para altura de plantas e espigas, utilizando duas populações de milho.

Diante do exposto, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estimar a contribuição dos locos em heterozigose (**d**) e a contribuição dos locos em homozigose (**m+a'**) de caracteres morfofisiológicos para verificar o potencial de híbrido simples de milho na extração de linhagens em programas de melhoramento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Milho híbrido

O advento das cultivares de milho híbrido foi o principal fator responsável pelo significativo aumento na produtividade de grãos experimentado por essa cultura durante o século XX (Duvick, 1996). Tem-se notado, com o passar dos anos, que novas técnicas e novas ciências aplicadas ao melhoramento têm sido adotadas rapidamente e impulsivamente por melhoristas onde elas possam ser úteis. Estima-se que, atualmente, mais de 65% da área mundial plantada com a cultura do milho seja ocupada por cultivares híbridas, proporcionando um acréscimo de em torno de 55 milhões de toneladas de grãos, se comparado à semeadura de variedades (Duvick, 1999).

O Brasil é o país onde se pode constatar efetivamente a contribuição mais significativa do milho híbrido para a agricultura (Paterniani, 1993). A utilização de híbridos possui enormes vantagens, tais como: associar fenótipos de interesse que se encontram separados nos genitores, utilizar interações alélicas na geração híbrida e obter cultivares superiores e uniformes em um prazo relativamente curto. Além disso, pode-se conseguir menor interação com o ambiente (maior homeostase) na geração  $F_1$  e produzir sementes de milho híbrido em escala comercial, com reflexos gerais favoráveis sobre a economia da região (Paterniani, 1974).

A grande vantagem da utilização de híbridos é o aproveitamento da heterose que, apesar de muito bem utilizada na produção de alimentos, ainda é um fenômeno pouco compreendido (Troyer, 2006). As principais hipóteses explicativas são: a da dominância, a da sobredominância e a da epistasia. As evidências empíricas indicam que a heterose é função do papel da dominância parcial e ou dominância completa, porém, a conclusão sobre as causas genéticas

da heterose é difícil, pois os genes quantitativos envolvidos no controle dos caracteres são ainda pouco conhecidos (Bernardo, 2002).

Um modo de perpetuar a heterose é por meio da utilização de cruzamentos entre linhagens. Nesse caso, a constituição genética é mantida e a combinação híbrida refeita anualmente. Essa situação possibilitou o desenvolvimento da indústria de sementes, haja vista que as linhagens são de propriedade das empresas e os agricultores necessitam adquirir sementes todos os anos.

Embora esse procedimento seja amplamente utilizado, ele tem algumas dificuldades. Uma delas é a manutenção das linhagens parentais que, devido à perda de vigor com a endogamia, são, normalmente, muito sensíveis às condições ambientais e têm baixa produtividade. Outra dificuldade é o tempo até atingir a homozigose completa. Para atenuar essas dificuldades, uma das mais importantes decisões que os melhoristas de plantas precisam tomar é a escolha das populações mais promissoras para um programa de seleção. Isso porque essa decisão deve ser a mais acertada, pois a má escolha da população implicará na perda do tempo e dos recursos destinados ao melhoramento.

No caso da cultura do milho, visando à produção de híbrido, normalmente são escolhidas duas populações que apresentam alta capacidade específica de combinação. A heterose ou a capacidade específica do cruzamento de duas populações dependem da existência de dominância no controle do caráter e da divergência entre elas (Falconer, 1981), de forma que, na escolha dos genitores dessas populações, a preferência é que sejam divergentes e já adaptados (Silva, 1996; Spaner et al., 1996; Abreu, 1997; Dias & Kageyama, 1997).

Várias são as opções de populações que podem ser utilizadas para a extração de linhagens para a produção de híbridos. A mais viável, no entanto, parece ser a utilização de híbridos simples comerciais, pois eles têm a vantagem

de já terem sido testados em vários ambientes, associando, dessa forma, alta produtividade com grande proporção de locos favoráveis já fixados.

A probabilidade de se obter uma linhagem agronomicamente boa vai depender da frequência dos alelos favoráveis da população parental, já que o incremento na produtividade dos híbridos nos últimos anos foi devido, principalmente, à fixação de alelos favoráveis nas linhagens parentais. A elevação dessas frequências se dá por meio do melhoramento dessas populações e, para isso, se faz necessário uma seleção prévia daquelas que resultem em melhores combinações híbridas para, posteriormente, serem submetidas aos diferentes processos de seleção (Vencovsky, 1987).

Uma alternativa aos híbridos tradicionais são os híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas, uma vez que, por não ser necessária a condução das linhagens até a homozigose completa, o tempo dispensado para a obtenção de sementes é sensivelmente reduzido. Com isso, possibilita o fornecimento de sementes de qualidade a um custo mais acessível para pequenos produtores rurais que hoje não têm acesso a híbridos de qualidade, em função do seu alto custo.

A utilização de linhagens com endogamia intermediária ( $0 < F < 1$ ) para a obtenção de híbridos foi proposta recentemente (Carlone & Russel, 1988; Souza Junior., 1995; Araújo, 2000; Carvalho et al., 2003). O objetivo é reduzir os problemas relacionados com a depressão por endogamia que ocorre com as sucessivas gerações de autofecundação, conduzindo à redução no vigor e à queda na produtividade (Souza Junior, 2001).

Apesar dessas alternativas aos híbridos tradicionais, pode-se inferir que os híbridos simples comerciais são germoplasmas prioritários para a extração de linhagens em um programa de melhoramento, já que foram extensivamente melhorados, tendo acumulados vários alelos desejáveis. Como existem inúmeras opções de híbridos comerciais, é importante identificar populações, derivadas

desses híbridos, com o máximo potencial de originar linhagens superiores.

## 2.2 Escolha de populações para extração de linhagens

O milho é uma espécie tipicamente alógama, pois a taxa de autofecundação é inferior a 5%. Uma população de plantas de milho se enquadra perfeitamente no conceito biológico de populações, ou seja, grupo de indivíduos da mesma espécie que ocupam o mesmo local apresenta uma continuidade no tempo e têm a capacidade de se intercasalar ao acaso e, portanto, trocar alelos entre si (Ramalho et al., 1989).

Essas populações são caracterizadas pelo seu conjunto alélico, ou seja, as freqüências alélicas nos diferentes locos é que determinam as diferentes propriedades genéticas das populações. Assim, uma população será considerada mais melhorada do que a outra se possuir maior freqüência de alelos favoráveis.

Para exemplificar esse fato, será considerado um caráter controlado por apenas um gene (B), com dois alelos, sendo  $B^1$  o alelo favorável, ou seja, o que contribui para a melhoria da expressão do caráter e  $B^2$  o alelo desfavorável. Na população, o alelo  $B^1$  tem a freqüência  $p$ , que pode variar de 0 a 1 e o  $B^2$  a freqüência  $q$ , sendo  $p+q=1$ . Em uma população grande, na ausência de seleção, mutação, migração e deriva, as freqüências genotípicas atingem o equilíbrio após uma geração de cruzamento ao acaso, com as seguintes freqüências  $B^1B^1 = p^2$ ;  $B^1B^2 = 2pq$  e  $B^2B^2 = q^2$ . Nessa condição, a média de uma população i qualquer será obtida pela expressão  $P_i = m + (2p_i - 1) \alpha + 2p_i(1 - p_i) \delta$ , em que  $m$  é o ponto médio entre os dois genótipos homozigóticos,  $\alpha$  o desvio dos homozigotos em relação à média e  $\delta$  o desvio dos heterozigotos em relação à média. Desta forma, para  $n$  locos, ignorando os efeitos epistáticos, têm-se  $P = m + \sum (2p_i - 1) \alpha + \sum 2p_i(1 - p_i) \delta$ ; substituindo-se  $\sum (2p_i - 1) \alpha$  por **a** e  $\sum 2p_i(1 - p_i) \delta$  por **d**, tem-se  $P = m + a + d$ , em que **a** é o somatório da contribuição dos locos em homozigose em relação à média e **d** é a contribuição dos locos em heterozigose em relação à

média (Vencovsky, 1987). Após infinitas autofecundações, serão obtidos apenas dois genótipos  $B^1B^1$ , com a frequência  $p$ , e  $B^2B^2$  com frequência  $q$ , cuja média será  $L=m+(2p-1)\alpha$ . Extrapolando para  $n$  genes, tem-se  $L=m+\Sigma(2p-1)\alpha$ ; como  $\Sigma(2p-1)\alpha=\mathbf{a}$ , tem-se  $L=\mathbf{m+a'}$ .

Desse modo, o sucesso de um programa de melhoramento de milho visando à obtenção de híbridos está ligado à identificação da população mais promissora para a extração de linhagens. Entre os procedimentos que auxiliam os melhoristas nessa escolha, destaca-se a estimativa de  $\mathbf{m+a'}$ , que corresponde à média de todas as linhagens na geração  $S_\infty$ . O desempenho da geração  $F_1$  do híbrido é função,  $F_1=m+a'+d$ , em que  $\mathbf{m+a'}$  é a contribuição dos locos em homozigose já fixados e  $\mathbf{d}$  é o desvio dos heterozigotos em relação à média. Assim,  $\mathbf{m+a'}$  depende do desempenho das linhagens *per se* e  $\mathbf{d}$  depende da divergência entre as linhagens e da existência de dominância no controle do caráter. Portanto, para se obter bons híbridos, é necessário bom desempenho das linhagens *per se* (maior  $\mathbf{m+a'}$ ) e que elas sejam divergentes (maior  $\mathbf{d}$ ). Na escolha das populações, deve-se dar ênfase à possibilidade de extração de linhagens que associem médias altas e maior divergência possível entre populações.

Na avaliação do potencial de híbridos comerciais para a extração de linhagens, a média da geração  $F_1$ , de qualquer tipo de híbrido, é fornecida por  $m+a+d$ . A sua geração  $F_2$  será  $m+a+(1/2)d$ . Assim, o contraste  $2F_2-F_1=m+a$ . Considerando que, nas linhagens parentais, alguns locos em homozigose podem se cancelar, isto é, alguns locos contêm os alelos favoráveis e outros, os desfavoráveis, nesse caso, o que se obtém é a estimativa de  $\mathbf{m+a'}$ .

Veja também, conforme mostrado por Vencovsky (1987), que o contraste  $2S_I-S_0=m+a$  permite, a partir de médias  $S_0$  e  $S_I$  de populações, estimar  $m+a$  e, por conseguinte, ter informações sobre as frequências alélicas das populações e estimar  $d$ , o que possibilita inferir sobre a presença de dominância



e da frequência de locos em heterozigose. Assim, o contraste  $S_0 - S_1 = 1/2 d$  permite inferir que a população só será afetada pela endogamia se existir dominância ( $\delta \neq 0$ ) e que esse efeito será tanto mais pronunciado quanto maior for a frequência de locos em heterozigose, partindo-se do pressuposto de que todos os locos possuem o mesmo efeito.

Existem várias opções de populações para a extração de linhagens. Pode ser uma variedade de polinização livre ou uma geração  $S_0$  de um sintético ou híbrido duplo e, nesse caso, a frequência dos alelos favoráveis pode assumir qualquer valor entre 0 e 1. A população também pode ser derivada de um híbrido simples. Assim, nos locos que estão segregando, a frequência alélica será necessariamente de 0,5, condição essa favorável para a seleção e, nos locos fixados, 0 ou 1. Nesse caso, a estimativa de  $\mathbf{m+a'}$  irá refletir a média das duas linhagens parentais. Em um modelo sem epistasia, o valor corresponderá também à média das  $n$  linhagens possíveis, se a população derivada do híbrido simples for autofecundada por inúmeras gerações.

No caso do milho, há inúmeros relatos da estimativa de  $\mathbf{m+a'}$  na comparação entre populações (Terasawa Junior, 1993; Packer, 1998; Lima, 1999; Souza Sobrinho et al., 2000). O procedimento foi utilizado no Brasil, em algumas oportunidades, quando se constatou variação entre as populações. Lima (1999) procurou associar a estimativa de  $\mathbf{m+a'}$  e  $\mathbf{d}$  de populações de milho para avaliar simultaneamente a média das linhagens possíveis de uma população e a variabilidade entre elas.

Uma vez identificadas as populações, o próximo passo é a obtenção das linhagens, na qual um dos aspectos que devem ser considerados é a amostragem da população. De início, é importante lembrar que, considerando o grande número de locos segregando, em qualquer população de plantas, o número de linhagens possíveis é enorme, ou seja,  $2^n$ , em que  $n$  é o número de locos segregantes. Um dos objetivos dos melhoristas é identificar apenas as linhagens

mais promissoras. Comstock (1966) argumenta que é preciso concentrar os esforços na extração de um maior número de linhagens de uma população promissora, pois a chance de sucesso aumenta com o número de linhagens extraídas.

Assim, considerando o processo de seleção de linhagens para a obtenção dos híbridos simples comerciais e também as recombinações e segregações em  $S_0$ , infere-se que maior número de linhagens deve ser utilizado para aumentar a chance de se encontrar combinações intrapopulacionais mais favoráveis.

O método freqüentemente utilizado para a obtenção de linhagens homozigóticas é a autofecundação manual, tendo como conseqüência principal a depressão por endogamia. Assim, o valor de uma população como fonte de linhagens é altamente dependente da depressão por endogamia em relação às várias características, principalmente rendimento de grãos, o que limita a obtenção de linhagens vigorosas para a posterior obtenção de híbridos (Lima et al., 1984). Quanto à obtenção de linhagens com probabilidade aceitável, deve-se partir de populações que apresentem altas freqüências de alelos favoráveis em relação aos diversos caracteres de interesse e baixas freqüências de alelos desfavoráveis (Vencovsky & Barriga, 1992).

Como já mencionado, num programa de melhoramento é necessário que sejam escolhidas boas populações e, para isso, tem-se utilizado a estimativa de  $\mathbf{m+a}'$ . Entretanto, apenas a média das linhagens na geração  $S_\infty$  não possibilita avaliar o potencial das populações, pois é necessário que a maior estimativa de  $\mathbf{m+a}'$  esteja associada à maior variância entre as linhagens. Essa maior variância pode ser decisiva na escolha da melhor população para a extração de linhagens, uma vez que se diferentes populações derem origem a linhagens com médias semelhantes, será escolhida aquela que apresentar maior amplitude de variação.

A estimativa do valor de  $\mathbf{d}$  tem sido avaliada como indicativo da variabilidade genética das populações porque uma seleção de linhagens

vigorosas pressupõe a existência de dispersão ou de variação genética entre linhagens. Tal dispersão é causada por diferentes tipos de componentes genéticos da variação genotípica total, presente na população de origem.

Pelo que foi exposto, não é tarefa fácil descrever o perfil completo de uma população, quanto à natureza da variabilidade genética, para aquilatar o potencial como fonte de linhagens (Cockerham & Matzinger, 1985). Mesmo assim, é possível avaliar populações, de modo aproximado, para se ter uma visão das suas potencialidades. Em alguns casos, os resultados são concordantes com essa hipótese (Abreu, 1997) e, em outros, a concordância da estimativa de **d** da população não tem sido boa (Lima et al., 2000). Seria importante obter mais informações a esse respeito, pois, se for confirmado que a estimativa de **d** pode ser utilizada como um indicador do potencial da população em liberar variabilidade, esta é uma situação bastante favorável, haja vista que a estimativa de **d** é um componente de média, portanto, de fácil obtenção e mais preciso.

Como a estimativa de **d** refere-se à contribuição dos locos em heterozigose em relação à média dos pais, considerando todos os locos com efeitos iguais, pode-se inferir que as populações das quais foram obtidas as maiores estimativas de **d** possuem maior número de locos em heterozigose. Assim, é esperada maior variação na geração  $F_2$  e nas demais gerações nessas populações. Portanto, as estimativas de **m+a'** e **d** possibilitam obter todas as informações de que os melhoristas necessitam para decidir quais populações segregantes serão mais promissoras. O ideal é que a população segregante associe altos valores de **m+a'** e **d**, pois eles proporcionarão linhagens com média alta e grande variação, que é o principal objetivo dos melhoristas.

### **2.3 Depressão por endogamia em milho**

Cultivares híbridas de milho possuem o mais alto potencial produtivo em relação a cultivares de polinização aberta. Apesar disso, em países em

desenvolvimento, cultivares híbridas ocupam somente 39% da área de milho, em comparação a 99% no mundo desenvolvido. Isso é devido a vários fatores, tais como setores de economia relativamente pobres de fazendeiros, baixo nível de produtividade, indústria de sementes inadequada, programas de melhoramento menos avançados e não disponibilidade de adequado germoplasma de milho híbrido. Fontes de germoplasma de híbridos poderiam possuir certas características, as quais incluem boa habilidade de combinação e tolerância à depressão por endogamia, o que poderia facilitar o desenvolvimento de vigorosas e produtivas linhagens.

Seleção de progênies autofecundadas é considerada um caminho efetivo para melhorar populações *per se* e para tolerância à depressão por endogamia. Ela ajuda a eliminar alelos recessivos deletérios e integra melhor com o desenvolvimento de linhagens. Teoricamente, em seleção baseada em progênies autofecundadas, é esperado utilizar variação genética aditiva mais do que seleção baseada em famílias de meios-irmãos ou famílias de irmãos completos (Comstock, 1964; Choo & Kannenberg, 1979) e os estudos sobre a herança de produtividade de grãos e outras características em milho têm mostrado a predominância da variação genética aditiva (Hallauer & Miranda Filho, 1988). Conseqüentemente, seleção de progênies autofecundadas tem sido enfatizada durante os últimos 20 anos (Hallauer, 1992).

Hallauer & Miranda Filho (1988) realizaram estudos adiantados sobre seleção de progênies autofecundadas e observaram que estas, geralmente, têm o maior ganho por ciclo para produtividade de grãos que outros métodos de melhoramento intrapopulacional.

Os procedimentos de seleção diferem na sua capacidade de identificar os alelos deletérios. A seleção com base no desempenho de progênies de meios irmãos seleciona, primordialmente, para genes aditivos e dominantes, mas não seleciona, eficientemente, contra alelos recessivos deletérios, uma vez que estes

podem ser mascarados pela heterozigose. À medida que a endogamia progride, o melhoramento do potencial da população, devido ao aumento na frequência de alelos favoráveis, pode ser contrabalançado pelo aumento na frequência de alelos homozigóticos deletérios.

Por outro lado, a seleção com base no desempenho de progênies obtidas por autofecundação é eficiente para a seleção de efeitos genéticos aditivos e apresenta maior oportunidade de seleção contra alelos recessivos deletérios que tornam-se homozigotos com a endogamia. Se a seleção for eficiente contra esses alelos e a favor dos alelos favoráveis, a produtividade das populações mais avançadas aumentará (Genter, 1971; Smith, 1979).

Embora consideráveis esforços venham sendo empregados no desenvolvimento de linhagens puras de milho, somente dados limitados são disponíveis para mostrar as mudanças em traços quantitativos associados com endogamia. Shull (1908, 1909 e 1910), East & Jones (1919) e Jones (1939) relataram que linhagens desenvolvidas por endogamia tornaram-se progressivamente de mais baixa produtividade, menores, menos vigorosas, de lento crescimento e mais suscetíveis a doenças e insetos. Eles atribuíram esse fato ao aumento da homozigose com as gerações de endogamia.

A depressão por endogamia produz, principalmente, uma redução no vigor e na produtividade e um retardamento no florescimento, podendo a produtividade das linhagens endogâmicas ser, em média, 68% menor do que a das famílias não endogâmicas. A altura de plantas é reduzida, em média, 25% e o número de dias para o florescimento aumenta em 6,8%, com endogamia ou homozigose completa (Hallauer, 1990). Os efeitos da endogamia dependem do tipo de população base e dos antecedentes de seleção da população que está sendo melhorada. A depressão por endogamia ocorre devido à expressão dos alelos recessivos deletérios ou letais que compõem a carga genética da população e, também, à redução dos locos em heterozigose.

Hallauer & Miranda Filho (1988) encontraram estimativas de depressão por endogamia em populações de milho para vários caracteres. Observaram que existe grande variação de caráter para caráter e que o caráter produção de grãos é o que sofre maior depressão. Essa última observação também foi relatada por Jones (1918), Hallauer & Sears (1973) e Good & Hallauer (1977). Hallauer & Miranda Filho (1988) reportaram, ainda, que diferentes populações exibem diferentes níveis de depressão por endogamia para um mesmo caráter. Deve-se ressaltar aqui que a depressão para a produtividade de grãos e outros caracteres quantitativos pode levar a uma situação na qual o decréscimo na produtividade em linhagens endogâmicas se torna tão acentuado a ponto de limitar sua utilização em programas de obtenção de híbridos. Evidentemente, isso depende do nível de melhoramento que a população apresenta.

Conforme relatam Hallauer & Miranda Filho (1988), embora um grande número de autofecundações já tenha sido realizado na cultura do milho, as estimativas de depressão por endogamia para diferentes caracteres é surpreendentemente pequena, na maioria dos casos. Em levantamento realizado pelos autores, a depressão por endogamia esperada para a produção de grãos, a 50% de homozigose induzida pela autofecundação, variou de 42,2 a 71,9 gramas/planta, enquanto que, para a altura da planta e a altura da espiga, os valores oscilaram entre 7,8 a 33,4 cm e 10,4 a 29,6 cm, respectivamente.

Estimativas de depressão por endogamia expressas pela diferença entre as médias das gerações  $S_0$  e  $S_1$  em relação a  $S_0$  foram obtidas por diversos autores, para vários caracteres, em variedades ou compostos, variedades sintéticas, híbridos simples, duplos e triplos. Os valores de depressão por endogamia variaram entre zero e 58%, para a produção de grãos; entre 9,6% e 20,3%, para a altura da planta; entre 3,9% e 27,4%, para a altura da espiga; entre 5,1% e 12,6%, para o comprimento da espiga; entre 2,2% e 8,9%, para o diâmetro da espiga; entre 0,6% e 5,2%, para o número de fileiras de grãos por

espiga e entre 3,9% e 14,75%, para o peso de 300 sementes.

O grupo dos compostos apresentou as maiores estimativas de depressão por endogamia para rendimento de grãos em relação aos demais, pois são populações de base ampla, que nunca foram expostas à endogamia. Esses valores elevados são esperados, em virtude da diversidade de populações que são utilizadas para formá-los, o que lhes confere, provavelmente, alta frequência de alelos recessivos deletérios acobertados pela heterozigose, comparados com os outros tipos de populações (Vianna et al., 1982).

Maiores depressões são esperadas em caracteres controlados por maior número de fatores dominantes, em populações com elevada frequência de heterozigotos em locos com dominância gênica, como no caso de híbridos simples, e em populações que apresentem acentuada carga genética, como, por exemplo, populações não melhoradas (Falconer, 1989). As maiores depressões geralmente ocorrem para os caracteres peso de espigas despalhadas e produção de grãos, os quais são caracteres complexos, controlados por muitos locos. Além disso, observa-se que o grupo dos híbridos geralmente apresenta maior depressão por endogamia, o que pode ser explicado pelo fato de esse grupo apresentar alto nível de heterozigose para os caracteres em questão.

Teoricamente, quando uma população é melhorada por seleção recorrente, a frequência de alelos favoráveis aumenta com o decréscimo correspondente na frequência de alelos deletérios. Em consequência, quando a população melhorada é autofecundada, poucos alelos deletérios são expressos para determinado caráter quantitativo. Então, a depressão por endogamia tem estimativas menores em ciclos de seleção, quando comparadas com as populações originais.

Resultado semelhante também foi obtido por Lopes et al. (1998), avaliando o efeito da endogamia em gerações avançadas de híbridos simples (HS), híbridos duplos (HD) e híbridos triplos (HT). A redução média de

produção de grãos, devido a efeitos depressivos da endogamia, foi de 24% a 67% para HS, de 21% a 55% para HT e de 11% a 51% para HD.

Do ponto de vista dos efeitos genéticos, as estimativas de depressão por endogamia são menores para altura da planta e espiga em relação ao rendimento de grãos porque os efeitos gênicos de dominância são menos importantes (Lima et al., 1984). Em relação à altura de plantas e espigas, a contribuição dos locos em homozigose (efeito aditivo) foi maior do que a contribuição dos locos em heterozigose. Resultados semelhantes foram obtidos em milho normal e em milho-pipoca de grãos amarelos (Hallauer & Miranda Filho, 1981; Simon et al., 2004).

Existem vários trabalhos que citam as estimativas de depressão por endogamia para várias características empregando diferentes populações em milho (Hallauer & Sears, 1973; Good & Hallauer, 1977; Vianna et al., 1982; Lima et al., 1984; Nass & Miranda Filho, 1995 e Vasal et al., 1995).

Hallauer & Sears, (1973) relataram que, para cada 1% de aumento na homozigosidade, pode-se esperar, em média, um decréscimo de 0,48 cm na altura da planta, um decréscimo de 0,30 cm na altura da espiga e uma redução de 0,449 g/ha na produtividade. Diferenças na taxa de depressão por endogamia entre variedades podem ser esperadas por causa da diferença na frequência alélica, no nível de dominância e na amostragem.

Good & Hallauer (1977) compararam a depressão por endogamia em milho pela avaliação de famílias endogâmicas e famílias de irmãos completos. Relataram que a razão linear da depressão por endogamia para altura de plantas, altura de espiga e produtividade de grãos foi maior sob autofecundação do que sob acasalamento pareado. Eles estabeleceram a hipótese de que o desequilíbrio nas linhas na população original pode ter dado mais oportunidades para recombinação para irmãos completos do que sob autofecundação, dado um nível de endogamia.



No contexto de caracteres morfofisiológicos, Farias Neto & Miranda Filho, (2000) identificaram expressiva depressão por endogamia para altura de plantas e espigas, utilizando duas populações de milho. Esses autores relataram depressão por endogamia de 57,6 gramas por planta para produtividade de grãos, 22 cm para altura de planta e 15,6 cm para altura de espigas. Lima et al. (1984) relataram depressão por endogamia em 32 populações de milho, variando entre 27% e 59,9%, para produtividade de grãos; 6,6% e 20,3%, para altura de plantas e 6,9% e 27,4%, para altura de espiga. Observaram também que populações derivadas de híbridos exibiram mais baixa depressão (34% menos) do que variedade de polinização aberta que nunca foram submetidas à endogamia, como enfatizado por Hallauer (1980) sobre a eficácia da endogamia para seleção contra alelos recessivos deletérios.

Como comentado, as taxas de depressão por endogamia variam entre as populações de mesma espécie, devido a diferenças nas frequências alélicas e nos níveis de dominância (Hallauer & Sears, 1973). Logo, populações menos sensíveis à depressão por endogamia podem ser selecionadas como fonte potencial para a extração de linhagens (Vianna et al., 1982; Lima et al., 1984). Contudo, a depressão por endogamia também varia dentro das populações, isto é, os genótipos de uma população apresentam diferentes valores fenotípicos médios sob endogamia. Portanto, linhagens selecionadas com base no seu desempenho foram aquelas cujos pais eram menos sensíveis à depressão por endogamia (Souza Júnior & Fernandes, 1997).

Cabe aqui ressaltar que enquanto as populações tendem a ter a depressão por endogamia reduzida à medida que são melhoradas, com os híbridos ocorre o contrário, ou seja, a sua depressão aumenta. As explicações para esses fatos são totalmente distintas. No caso das populações, a diminuição da depressão por endogamia ocorre em razão de o melhorista eliminar as plantas com baixo vigor durante o processo de melhoramento, o que significa eliminação de alelos

deletérios e/ou letais. Com isso, no final do processo de melhoramento, essa população se encontra com menor nível de alelos desfavoráveis. No caso dos híbridos, para os quais o processo de melhoramento se dá pela exploração da heterose, o aumento da depressão por endogamia se deve ao fato de haver aumento do nível de heterozigose, especialmente os híbridos simples, em que o nível é muito elevado. Sendo assim, nos híbridos, os efeitos de dominância e/ou sobredominância são muito grandes para diversos caracteres. Portanto, a ocorrência de endogamia em populações derivadas de híbridos levaria a uma quebra da combinação gênica ideal e, assim, reduziria o valor fenotípico médio para diversos caracteres.

#### **2.4 Estimativas da depressão por endogamia**

No melhoramento de espécies alógamas, como o milho, também é de interesse o conhecimento dos efeitos da endogamia, a qual resulta do cruzamento entre indivíduos aparentados; ela está relacionada com a probabilidade de reunir alelos idênticos por descendência, tendo, como resultado, um aumento na homozigose. De maneira geral, pode-se estabelecer que a principal conseqüência é a redução na média dos valores fenotípicos dos caracteres quantitativos, os quais afetam os componentes de produção. A endogamia relaciona-se com a capacidade reprodutiva ou a eficiência fisiológica, reduzindo sensivelmente o valor adaptativo das espécies (Falconer, 1989). Entretanto, por meio de sucessivas autofecundações, têm-se conseguido linhagens geneticamente uniformes em milho, para a obtenção de híbridos altamente produtivos.

O cruzamento entre indivíduos aparentados provoca aumento da homozigose e, conseqüentemente, decréscimo da heterozigose na descendência. Esses fatos permitem que alelos recessivos de efeito desfavoráveis, encobertos pelos respectivos dominantes na antiga condição de heterozigose, se manifestem

em homozigose, causando redução no valor adaptativo do indivíduo, denominada “depressão ou perda de vigor por endogamia”. A consequência imediata é o decréscimo na expressão de caracteres quantitativos. A quantidade ou número desses alelos desfavoráveis é chamada “carga genética”. Portanto, quanto maior a carga genética, maior a depressão por endogamia (Vencovsky & Barriga, 1992). Deve-se mencionar, contudo, que a redução na heterozigose, por si só, também leva à depressão por endogamia, em função da perda de interações alélicas favoráveis (dominância e/ou sobredominância), independentemente da presença de “carga genética” (Hallauer & Miranda Filho, 1981).

O sistema mais comumente usado para o desenvolvimento de linhagens endogâmicas é por meio de contínuas autofecundações, embora outras formas menos drásticas de endogamia também sejam empregadas. Entretanto, o aumento da homozigose nas famílias endogâmicas leva à depressão por endogamia, e os principais caracteres agrônômicos alterados são: produção, altura das plantas, ciclo vegetativo e composição química.

A autofecundação tem algumas vantagens sobre outros métodos de desenvolvimento de linhagens que são menos severos com relação à taxa de endogamia em cada geração. Uma vantagem é o tempo necessário para atingir o nível de homozigose. Entretanto, o alcance de alto nível de homozigose em poucas gerações de endogamia pode tornar-se uma desvantagem em populações altamente depressivas, porque muitas linhagens potencialmente úteis são eliminadas nas primeiras gerações, como uma consequência da alta homozigosidade de genes letais, semiletais e deletérios de grande efeito (Hallauer & Miranda Filho, 1995).

Métodos para desenvolvimento de linhagens sob endogamia menos severa que autofecundação são baseadas em cruzamentos entre meios-irmãos, cruzamentos entre irmãos completos, retrocruzamento e cruzamento ao acaso, dentro de pequenas subpopulações. O cruzamento de um pequeno número de

plantas para gerar subpopulações conduzirá a um processo dispersivo o qual causa variação das freqüências alélicas entre subpopulações. Tais processos dispersivos também conduzem a um aumento do nível de homozigose e, conseqüentemente, a um decréscimo na expressão de caracteres quantitativos sob controle da ação do gene dominante (Miranda Filho, 1999).

O sistema linhagem-híbrido de melhoramento proposto por Shull (1909) foi o esquema fundamental para a produção de híbridos de milho. Em 1909, o botânico e geneticista norte-americano George Harrison Shull criou o primeiro esquema para a produção de sementes híbridas de milho. Ele mostrou que, ao fecundar a planta com o próprio pólen (autofecundação), eram produzidos descendentes menos vigorosos. Repetindo o processo nas seis ou oito gerações seguintes, os descendentes fixavam características agrônômicas e econômicas importantes.

As plantas que geravam filhos geneticamente semelhantes, e também iguais às mães, passaram a ser chamadas de linhas puras. Shull notou que duas linhas puras diferentes, ao serem cruzadas entre si, produziavam descendentes com grande vigor, chamado de vigor híbrido ou heterose, dando origem ao milho híbrido. Contudo, a depressão por endogamia para vários caracteres importantes pode restringir a freqüência do uso de linhagens que possam ser extraídas da população. Hallauer & Miranda Filho (1988) apresentam uma revisão dos efeitos da endogamia para vários caracteres. Muitos casos têm mostrado que o decréscimo na produção de linhagens endogâmicas pode ser tão drástica, a ponto de limitar o sucesso de se obter linhagens endogâmicas para caracteres importantes, como a produção. O método mais direto e simples para a avaliação da depressão por endogamia é a comparação entre o desempenho de linhagens  $S_1$  (individualmente ou em bulk) e a população parental não endogâmica. A estimativa da contribuição dos locos em heterozigose ( $d$ ) foi obtida utilizando-se da fórmula seguinte:  $d = 2(F_1 - F_2)$ , em que  $F_1$  = média da população original e  $F_2$  =

média da população após uma geração de autofecundação.

Apesar da importância da depressão por endogamia, as causas genéticas não são completamente conhecidas, existindo algumas hipóteses para explicá-la. A depressão por endogamia é resultante da quebra da combinação ideal dos alelos que governam um caráter (efeito de dominância e/ou sobredominância) e também do aparecimento em dupla dose de alelos recessivos deletérios e/ou letais, no caso de espécies diplóides.

A dominância parcial é uma das teorias que explicam a depressão por endogamia, a qual afirma que a existência de dominância entre alelos faz com que hajam diferenças entre valores genotípicos de homozigotos e heterozigotos. A depressão causada pela endogamia é proporcional ao grau de dominância, sendo maior para os locos com frequências intermediárias. Uma vez que os caracteres quantitativos estão sob controle de muitos locos, a redução do caráter dependerá do grau médio de dominância (Allard, 1960; Falconer, 1989).

Diversos trabalhos foram realizados para determinar a taxa de depressão por endogamia para vários caracteres, sob diferentes formas de endogamia: autofecundação, cruzamento de meios-irmãos e cruzamento de irmãos germanos (Lima et al., 1984; Souza Júnior, 1987; Hallauer, 1990; San Vicente & Hallauer, 1993; Rezende, 1997; Eberhart et al., 1995). Tem se mostrado que o caráter produção de grãos é o mais afetado pela endogamia e que o processo da autofecundação é o que resulta em maior índice de depressão.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Material genético

**QUADRO 1.** Descrição dos dez híbridos simples comerciais.

Híbrido	Nome	Empresa	Textura dos grãos	Ciclo <sup>1/</sup>
1	DKB 199	Monsanto	Semiduro	SMP
2	30F90	Pioneer	Duro	SMP
3	A2555	Nidera Sementes	Duro	SMP
4	DKB333B	Monsanto	Semiduro	SMP
5	DOW657	Dow AgroScience	Semiduro	P
6	AG8060	Monsanto	Semiduro	P
7	30F87	Pioneer	Duro	SMP
8	DOW8420	Dow AgroScience	Duro	P
9	30K75	Pioneer	Semiduro	SMP
10	AG7000	Monsanto	Semiduro	SMP

<sup>1/</sup> P- ciclo precoce; SMP- ciclo semiprecoce

Foram utilizadas as gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> de dez híbridos simples comerciais (Quadro 1). De posse da geração F<sub>1</sub> desses híbridos, adquirida no comércio local, foram obtidas as gerações F<sub>2</sub>=S<sub>0</sub> de cada híbrido, por meio de autofecundações controladas no campo experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (DBI/UFLA).

#### 3.2 Condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos, em Lavras, na Área Experimental do DBI/UFLA e na Fazenda Experimental Vitorinha e, em Ijaci, na Fazenda Palmital, no ano agrícola de 2005/06. Os experimentos da geração F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> foram

contíguos, conduzidos em delineamento de blocos casualizados com três repetições, sendo os dados tomados de 5 plantas aleatórias na parcela/repetição. As parcelas foram constituídas de duas linhas de quatro metros espaçadas de 50 cm. Utilizaram-se no plantio, 400 kg/ha da adubação 08-28-16 + 0,3% Zn e 300 kg/ha em cobertura de sulfato de amônio. Os demais tratos culturais foram os recomendados para a cultura do milho na região Sul de Minas Gerais. Os caracteres morfofisiológicos avaliados foram:

- altura de plantas: altura de cinco plantas tomadas aleatoriamente, obtida em metros do nível do solo até a inserção da folha bandeira;
- altura de espiga: altura da espiga de cinco plantas tomadas aleatoriamente, obtida em metros do nível do solo até a inserção da espiga superior;
- número de folhas acima da espiga: número total de folhas acima da espiga de cinco plantas tomadas aleatoriamente;
- diâmetro do colmo: diâmetro da parte mediana do colmo de cinco plantas tomadas aleatoriamente, obtido em centímetros;
- comprimento da espiga: comprimento de cinco espigas tomadas aleatoriamente, obtido em centímetros;
- diâmetro da espiga: diâmetro da parte mediana de cinco espigas tomadas aleatoriamente, obtido em centímetros;
- diâmetro do sabugo: diâmetro da parte mediana de cinco sabugos tomados aleatoriamente, obtido em centímetros;
- peso da espiga: peso em gramas de cinco espigas despalhadas tomadas aleatoriamente;
- peso de grãos: peso em gramas dos grãos de cinco plantas tomadas aleatoriamente.

**QUADRO 2.** Características dos ambientes de condução dos experimentos.

Local	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Fazenda Experimental Vitorinha	Lavras, MG	21°12' S	44°58' W	951
Fazenda Palmital	Ijaci, MG	21°09' S	44°56' W	859
Área Experimental DBI/UFLA	Lavras, MG	21°13'S	44°58' W	910

### 3.3 Análises dos dados

#### 3.3.1 Análise de variância

Para a realização das análises de variância foi obtido o valor médio das cinco plantas/repetição utilizadas para todos os caracteres.

Foi realizada uma análise de variância por local e, posteriormente, a análise conjunta, segundo Ramalho et al. (2005). As análises individuais por ambientes, para todas as características, foram realizadas no PROC GLM do SAS (SAS, 2000), adotando-se o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + h_i + r_j + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$ : observação referente ao híbrido  $i$  na repetição  $j$ ;

$\mu$ : média geral;

$h_i$ : efeito fixo do híbrido  $i$ ,  $i=1,2,3,\dots,10$ ;

$r_j$ : efeito aleatório da repetição  $j$ ,  $j=1,2,3$ ;



$e_{ij}$ : erro experimental  $e_{ij} \cap N(0, \sigma^2)$ .

Posteriormente, foi efetuada a análise de variância conjunta para os três locais, também no PROC GLM do SAS (SAS, 2000), adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijl} = \mu + h_i + a_l + r_{j(l)} + (ha)_{il} + e_{ijl}$$

em que:

$Y_{ijl}$ : observação referente ao híbrido  $i$  na repetição  $j$  no ambiente  $l$ ;

$\mu$ : média geral;

$h_i$ : efeito fixo do híbrido  $i$ ,  $i=1,2,3,\dots,10$ ;

$a_l$ : efeito fixo do ambiente  $l$ ,  $l=1,2,3$ ;

$r_{j(l)}$ : efeito aleatório da repetição  $j$  no ambiente  $l$ ;

$(ha)_{il}$ : efeito fixo da interação híbridos x ambientes;

$e_{ijl}$ : erro experimental  $e_{ijl} \cap N(0, \sigma^2)$ .

### 3.3.2 Estimativas da contribuição dos locos em homozigose ( $m+a'$ )

A partir dos dados analisados, foram obtidas estimativas dos componentes de médias  $m+a'$ , utilizando-se procedimento semelhante ao apresentado por Vencovsky (1987). Isso pode ser realizado avaliando-se simultaneamente as gerações  $F_1$  e  $F_2$ , em que  $F_2$  é obtida após uma autofecundação de  $F_1$ . Isso porque a média de  $F_1$  é fornecida por  $F_1=m+a+d$  e de  $F_2=m+a+(1/2)d$ . Desse modo, o contraste  $2F_2-F_1$  fornece a estimativa de  $m+a'$ , em que  $F_1$  e  $F_2$  são as médias das gerações  $F_1$  e  $F_2$ , respectivamente, da população  $i$ ;  $m$  é a média geral,  $a$  é a contribuição dos locos em homozigose e  $d$  é a contribuição dos locos em heterozigose. Foi calculada a significância da estimativa usando o teste  $t$  (Pimentel Gomes & Garcia, 2002).

### 3.3.3 Estimativa da contribuição dos locos em heterozigose (d)

A estimativa de **d** representa a contribuição dos locos em heterozigose ou heterose e pode ser obtida pelo estimador  $2(F_1 - F_2) = d$ . Também foi calculada a significância da estimativa, usando o teste t (Pimentel Gomes & Garcia, 2002).

### 3.3.4 Estimativas das correlações fenotípicas

Foram estimadas as correlações fenotípicas entre o desempenho da geração  $F_1$  dos híbridos e a estimativa de **m+a'** e correlações entre o desempenho da geração  $F_1$  e a estimativa de **d** para os caracteres morfofisiológicos baseados na análise conjunta dos dados fornecidos pela expressão:

$$r_{xy} = COV_{xy} / \sigma_x \cdot \sigma_y$$

em que:

$r_{xy}$ : coeficiente de correlação linear

$COV_{xy}$ : covariância entre os caracteres x e y

$\sigma_x$ : desvio do caracter x

$\sigma_y$ : desvio do caracter y

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância individuais do desempenho da geração  $F_1$  e  $F_2$  dos híbridos simples de milho, com relação às características analisadas, em Lavras, na Fazenda Experimental Vitorinha e em Ijaci, encontra-se nas tabelas em anexo. As estimativas dos CVs para os caracteres avaliados foram aceitáveis, de acordo com Pimentel Gomes (1985) e também por Scapim et al. (1995) que, em levantamento baseado em 66 teses na área de genética e melhoramento de milho, encontraram valor médio de CV de 16,2% para o caráter peso de espigas despalhadas (PED).

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV) foi relativamente boa, tendo, em todos os locais, o CV da geração  $F_2$  sido maior que o da geração  $F_1$ . Isso era esperado, pois, na  $F_2$ , existe variação genética e ambiental, enquanto na  $F_1$  só existe variação ambiental. Vale ressaltar que, quando se utilizou a geração  $F_1$ , supondo que as linhagens apresentavam alto nível de homozigose, as plantas presentes no campo são geneticamente idênticas, ficando sujeitas à variação ambiental. No caso da geração  $F_2$ , existirá uma variação genética entre as plantas, permitindo observar, no campo, plantas de altura, ciclo e outros caracteres diferentes, levando a uma maior variação no campo. Depreende-se que a produtividade e outras características, quando se utilizam sementes da geração  $F_2$ , serão inferiores às das obtidas com a geração  $F_1$ . Esse fato também é comprovado pela proporção da variação explicada pelo modelo ( $R^2$ ), que foi de magnitude elevada na maioria dos casos.

Foram constatadas diferenças significativas para a fonte de variação tratamentos, para a maioria das características avaliadas nos três locais, exceto diâmetro do colmo da geração  $F_2$ , na Fazenda Vitorinha, comprimento de espiga, diâmetro de espiga e peso de grãos da geração  $F_1$ , em Lavras e diâmetro de

colmo da geração  $F_1$  e número de folhas acima da espiga, diâmetro de colmo, comprimento da espiga, peso de espiga e peso de grãos da geração  $F_2$ , em Ijaci. Esses resultados evidenciam a existência de variabilidade nas gerações  $F_1$  e  $F_2$  dos híbridos avaliados.

Na análise de variância conjunta, envolvendo os três locais, verificou-se que a precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação, foi abaixo de 18,3%, para a geração  $F_1$  e abaixo de 30,51%, para a geração  $F_2$  (Tabelas 1 e 2). Ressalta-se também que, pela proporção da variação total explicada pelo modelo ( $R^2$ ), na maioria dos casos, as estimativas foram superiores a 47% para a geração  $F_1$  e superiores a 32% para a geração  $F_2$ , confirmando que os híbridos foram avaliados sob médias condições experimentais.

**TABELA 1.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (nº f.ac.esp.) , diâmetro de colmo ( $\emptyset$  colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$  espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$  sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F<sub>1</sub> de híbridos simples de milho. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Q.M.										
FV	G.L.	AP	AE	nº f.ac.esp.	$\emptyset$ colmo	Com. Espiga	$\emptyset$ espiga	$\emptyset$ sabugo	PE	PG
Trat.	9	0,80**	0,14**	4,75**	0,63**	18,23**	0,23*	0,72**	8043,54**	4608,30**
Local	2	29,78**	9,86**	16,08**	16,75**	128,33**	15,44**	1,21**	726247,24**	487452,72**
Rep(local)	6	0,67**	0,20**	1,25**	0,69**	2,42n.s.	0,34**	0,04n.s.	6672,78**	3134,55*
Local*trat.	18	0,16**	0,07**	0,49*	0,28**	19,42**	0,19**	0,16**	6015,54**	4340,44**
Erro	54	0,16	0,07	0,36	0,31	8,66	0,18	0,1	4648,42	3021,67
C.V. (%)		5,51	9,25	8,56	15,06	11,73	6,53	6,79	18,31	17,52
R <sup>2</sup>		0,94	0,86	0,52	0,68	0,47	0,58	0,59	0,72	0,72
Média		2,2	1,19	6,29	1,93	16,82	4,79	2,72	248,49	209,59

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

**TABELA 2.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.) , diâmetro de colmo ( $\emptyset$  colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$  espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$  sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F<sub>2</sub> de híbridos simples de milho. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Q.M.										
FV	G.L.	AP	AE	n° f.ac.esp.	$\emptyset$ colmo	Com. Espiga	$\emptyset$ espiga	$\emptyset$ sabugo	PE	PG
Trat.	9	0,42**	0,19**	2,34**	0,33**	19,21**	0,54**	1,10**	7891,32**	7068,84**
Local	2	19,91**	5,88**	16,60**	21,86**	52,55**	8,58**	0,56**	397046,54**	278676,00**
Rep(local)	6	1,68**	0,70**	0,80n.s.	1,56**	3,42n.s.	0,81**	0,03n.s.	6957,48**	4787,09*
Local*trat.	18	0,11**	0,06**	0,57n.s.	0,35**	17,24**	0,28**	0,10*	4061,64*	3106,15*
Erro	54	0,13	0,08	0,65	0,17	6,71	0,26	0,07	3391,55	2998,08
C.V. (%)		10,15	15,55	10,45	20,78	15,9	8,87	9,11	29,78	30,51
R <sup>2</sup>		0,85	0,77	0,42	0,63	0,32	0,47	0,46	0,58	0,58
Média		1,76	0,91	6,07	1,65	15,17	4,29	2,58	163,56	136,9

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Foi constatado, na análise de variância conjunta, que as fontes de variação tratamentos e locais foram significativas, pelo teste de F ( $P \leq 0,01$ ), para todos os caracteres (Tabelas 1 e 2). A significância para locais indica que existem diferenças de médias entre locais, mas, a inconsistência do desempenho dos híbridos nos diversos locais é indicada pela significância da interação G x A. A significância da interação tratamentos x locais para os caracteres, exceto número de folhas acima da espiga na geração F<sub>2</sub>, indica que as performances dos tratamentos nos três locais não foram consistentes, devido ao efeito da interação G x A.

As médias dos caracteres avaliados das gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> dos híbridos são apresentadas nas Tabelas 3 e 4. Pode-se observar que as médias dos caracteres avaliados da geração F<sub>1</sub> foram maiores que as médias da geração F<sub>2</sub>. Embora não seja possível dizer se as diferenças são significativas, os caracteres peso de espiga e peso de grãos apresentaram diferenças de maiores amplitudes que os demais caracteres.

**TABELA 3.** Médias da geração F<sub>1</sub> para os caracteres altura de plantas (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (nºf.ac.esp.), diâmetro do colmo (Ø colmo), comprimento da espiga (Com.Espiga), diâmetro da espiga (Ø espiga), diâmetro do sabugo (Ø sabugo), peso espiga (PE), peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados com base na análise conjunta. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

HS	AP	AE	nº f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
1	2,37	1,23	6,64	2,17	17,28	4,68	2,75	254,22	211,17
2	2,43	1,28	6,57	2,01	17,32	4,78	2,62	255,22	218,42
3	2,04	1,1	6,22	1,78	16,64	4,78	2,58	242,4	207,75
4	2,16	1,13	6,48	2,05	16,67	4,76	2,66	253,17	211,06
5	2,13	1,2	6,42	1,88	15,75	4,73	2,66	221,66	190,86
6	2,33	1,19	6,71	1,93	18,11	4,9	2,92	272,2	227,53
7	2,17	1,23	6,2	1,87	16,7	4,78	2,56	246,28	208,97
8	2,06	1,14	5,95	1,81	16,62	4,92	2,91	253,93	210,71
9	2,13	1,15	5,8	1,84	16,69	4,76	2,8	249,73	212,2
10	2,14	1,2	5,91	1,9	16,33	4,78	2,7	236,08	197,15
Geral	2,196	1,185	6,29	1,924	16,81	4,787	2,716	248,48	209,58



**TABELA 4.** Médias da geração F<sub>2</sub> para os caracteres altura de plantas (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (nºf.ac.esp.), diâmetro do colmo (Ø colmo), comprimento da espiga (Com.Espiga), diâmetro da espiga (Ø espiga), diâmetro do sabugo (Ø sabugo), peso espiga (PE), peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados com base na análise conjunta. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

F <sub>2</sub>	AP	AE	nº f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
1	1,79	0,89	6,35	1,71	15,53	4,25	2,61	169,33	140,37
2	1,95	1,04	6,15	1,69	14,35	4,2	2,5	153,84	131,46
3	1,72	0,86	6,02	1,75	15,77	4,27	2,54	172,73	156,6
4	1,67	0,82	6,22	1,72	15,95	4,26	2,45	172,02	144,15
5	1,74	0,95	6,26	1,74	15,6	4,22	2,5	156,2	130,75
6	1,88	0,94	6,33	1,68	15,75	4,36	2,8	176,95	146,75
7	1,75	0,95	5,97	1,56	14,16	4,2	2,29	149,31	125,42
8	1,67	0,87	5,75	1,53	14,72	4,52	2,81	167,42	137,6
9	1,67	0,84	5,86	1,53	14,6	4,18	2,64	138,91	112,06
10	1,67	0,88	5,75	1,59	15,2	4,42	2,62	178,91	143,8
Geral	1,751	0,904	6,06	1,65	15,163	4,28	2,576	163,56	136,89

A depressão por endogamia representa a redução no valor fenotípico dos indivíduos, em decorrência do aumento da homozigose e do decréscimo da heterozigose. A depressão por endogamia ocorre devido à expressão dos alelos recessivos deletérios ou letais que compõem a carga genética da população e, também, devido à redução dos locos em heterozigose, sendo detectada para todos os caracteres avaliados. Isso pode ser explicado pelo fato de os híbridos apresentarem alto nível de heterozigose para os locos avaliados e, quando submetidos à autofecundação, permitiram que as combinações para a expressão otimizada da característica fossem desfeitas.

Dentre os caracteres morfofisiológicos, maiores estimativas de **d**, em média, foram obtidas para os caracteres peso de grãos (69,3%), peso de espiga (68,3%), altura de espiga (47,4%) e altura de planta (40,5%). Esses valores em porcentagem são obtidos pela razão da estimativa média de **d** e o desempenho da geração  $F_1$  para o caráter em questão. Com base nesses valores, é esperado, por exemplo, que as plantas da geração  $F_2$  apresentem redução em 20% na altura de plantas. Observa-se que o valor 20% representa a depressão por endogamia, isto é, é a metade do valor obtido pela contribuição dos locos em heterozigose (**d**) para o caráter altura de plantas. Esses resultados estão de acordo com relatos de Farias Neto & Miranda Filho (2000) para a cultura do milho. As depressões por endogamia para peso de grãos e espigas (34,7% e 34,2%) foram semelhantes e em maior magnitude em relação às outras características avaliadas, fato este também observado por San Vicente & Hallauer (1993), Nass & Miranda Filho, (1995) e Vasal et al. (1995).

As estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (**d**) para os caracteres avaliados encontram-se na Tabela 5. Pode-se observar que, em termos percentuais, a heterose foi responsável, na média dos 10 híbridos avaliados, por 69,36% da produção da geração  $F_1$ , sendo os restantes 30,64%, devido a contribuições dos efeitos genéticos aditivos, herdados das linhagens parentais.

Esses resultados são concordantes com os apresentados por Souza Sobrinho et al. (2002) que constatou que a estimativa média de  $\mathbf{m+a'}$  representou 29,4% da média da produtividade da geração F<sub>1</sub> dos híbridos e que, em média, o valor de  $\mathbf{d}$  correspondeu a 70,4% da geração F<sub>1</sub> dos híbridos.

A estimativa de  $\mathbf{d}$  obtida nos diversos relatos encontrados para a cultura do milho variou amplamente. No entanto, constata-se, para a cultura do milho, que, em média, os valores das estimativas de  $\mathbf{d}$  são de maior magnitude que os de  $\mathbf{m+a'}$ , indicando que os locos em heterozigose têm uma maior contribuição para os caracteres de produção. Esses resultados estão de acordo com o esperado, ou seja, a contribuição da dominância é muito importante em espécies alógamas.

**TABELA 5.** Estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (d) para os caracteres altura de plantas (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro do colmo ( $\emptyset$  colmo), comprimento da espiga (Com.Espiga), diâmetro da espiga ( $\emptyset$  espiga), diâmetro do sabugo ( $\emptyset$  sabugo), peso espiga (PE), peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Tratamentos	AP	AE	n° f.ac.esp.	$\emptyset$ colmo	Com. Espiga	$\emptyset$ espiga	$\emptyset$ sabugo	PE	PG
DKB 199	1,16**	0,68*	0,58n.s.	0,92n.s.	3,5n.s.	0,86*	0,28n.s.	169,78*	141,6*
30F90	0,96*	0,48n.s.	0,84n.s.	0,64n.s.	5,94*	1,16**	0,24n.s.	202,76**	173,92**
A2555	0,64n.s.	0,48n.s.	0,4n.s.	0,06n.s.	1,74n.s.	1,02*	0,08n.s.	139,34*	102,3n.s.
DKB333B	0,98*	0,62*	0,52n.s.	0,66n.s.	1,44n.s.	1*	0,42n.s.	162,3*	133,82*
DOW657	0,78n.s.	0,5n.s.	0,32n.s.	0,28n.s.	0,3n.s.	1,02*	0,32n.s.	130,92n.s.	120,22*
AG8060	0,9*	0,5n.s.	0,76n.s.	0,5n.s.	4,72n.s.	1,08*	0,24n.s.	190,5**	161,56**
30F87	0,84*	0,56*	0,46n.s.	0,62n.s.	5,08n.s.	1,16**	0,54n.s.	193,94**	167,1**
DOW8420	0,78n.s.	0,54*	0,4n.s.	0,56n.s.	3,8n.s.	0,8n.s.	0,2n.s.	173,02*	146,22*
30K75	0,92*	0,62*	-0,12n.s.	0,62n.s.	4,18n.s.	1,16**	0,32n.s.	221,64**	200,28**
AG7000	0,94*	0,64*	0,32n.s.	0,62n.s.	2,26n.s.	0,72n.s.	0,16n.s.	114,34n.s.	106,7n.s.
Média d	0,89*	0,562*	0,448n.s.	0,548n.s.	3,296n.s.	0,998*	0,28n.s.	169,854*	145,372*
Média F <sub>1</sub>	2,196	1,185	6,29	1,924	16,81	4,787	2,716	248,48	209,58
Média F <sub>2</sub>	1,751	0,904	6,06	1,65	15,163	4,28	2,576	163,56	136,89
Depressão %	20,26	23,71	3,66	14,24	9,80	10,59	5,15	34,18	34,68

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de t.

Pela Tabela 5, pode-se observar que os híbridos 2, 7 e 9 foram os que apresentaram maiores estimativas de depressão por endogamia, isto é, os híbridos que, provavelmente, apresentam maiores valores de heterose. Concordantemente, na Tabela 6 pode-se observar que os híbridos 2, 7 e 9 foram os que apresentaram menores valores de  $\mathbf{m+a'}$ , isto é, os que apresentaram menor contribuição de efeitos genéticos aditivos das linhagens parentais para o desempenho da geração  $F_1$ . Dentre esses, destacamos o híbrido 9 que apresenta  $\mathbf{m+a'}$  de 5,6% e heterose de 94,4%, ou seja, 94,4% da média da geração  $F_1$  é devido à heterose e apenas 5,6% devido à média das linhagens parentais.

**TABELA 6.** Estimativas da contribuição dos locos em homozigose (m+a') para os caracteres altura de plantas (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro do colmo (Ø colmo), comprimento da espiga (Com.Espiga), diâmetro da espiga (Ø espiga), diâmetro do sabugo (Ø sabugo), peso espiga (PE), peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Tratamentos	AP	AE	n° f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
DKB 199	1,22**	0,56*	6,07**	1,25*	13,79**	3,82**	2,47**	84,44n.s.	69,58n.s.
30F90	1,48**	0,80**	5,73**	1,38*	11,38**	3,63**	2,39**	52,47n.s.	44,51n.s.
A2555	1,41**	0,63*	5,82**	1,71**	14,91**	3,77**	2,50**	103,07n.s.	105,44n.s.
DKB333B	1,19**	0,52n.s.	5,96**	1,39*	15,24**	3,77**	2,25**	90,87n.s.	77,24n.s.
DOW657	1,35**	0,71**	6,11**	1,60**	15,46**	3,71**	2,34**	90,73n.s.	70,64n.s.
AG8060	1,42**	0,69*	5,96**	1,44*	13,38**	3,83**	2,68**	81,71n.s.	65,98n.s.
30F87	1,34**	0,67*	5,76**	1,26*	11,61**	3,64**	2,02**	52,33n.s.	41,87n.s.
DOW8420	1,28**	0,60*	5,56**	1,25*	12,84**	4,12**	2,72**	80,91n.s.	64,49n.s.
30K75	1,21**	0,54*	5,93**	1,23*	12,52**	3,59**	2,48**	28,09n.s.	11,93n.s.
AG7000	1,21**	0,56*	5,60**	1,29*	14,08**	4,06**	2,53**	121,73n.s.	90,44n.s.
Média m+a'	1,31**	0,63*	5,85**	1,38*	13,52**	3,79**	2,44**	78,64n.s.	64,21n.s.
Média F <sub>1</sub>	2,196	1,185	6,29	1,924	16,81	4,787	2,716	248,48	209,58
Média F <sub>2</sub>	1,751	0,904	6,06	1,65	15,163	4,28	2,576	163,56	136,89

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de t.

Deve ser ressaltado que as diferenças observadas nos valores de **d** para cada caráter são decorrentes da natureza genética exibida. Hallauer & Miranda Filho (1988) relataram que os elevados valores observados para peso de grãos e de espigas estão relacionados com o elevado grau de dominância, quando comparados a caracteres com alta herdabilidade. Deve-se ressaltar que esses são caracteres complexos, governados por muitos locos gênicos e muito afetados pelo ambiente. Falconer (1989) enfatizou que as maiores depressões por endogamia devem ser encontradas em caracteres controlados por maior número de alelos dominantes, em populações com elevada frequência de heterozigotos em locos com dominância, como no caso de híbridos simples, e em populações com alta carga genética, como, por exemplo, populações não melhoradas.

Do ponto de vista dos efeitos genéticos, as estimativas da depressão por endogamia são menores para altura da planta e espiga em relação ao rendimento de grãos porque os efeitos gênicos de dominância são menos importantes (Lima et al., 1984).

Estimativas de **m+a'** e **d** para populações de milho foram obtidas em várias oportunidades. Em levantamento realizado por Souza Sobrinho (2001), em 127 populações F<sub>2</sub>, a estimativa média de **m+a'** foi de 29,6%, tendo sido encontrados valores variando de 2,2% a 79,3%. Isso indica que as populações utilizadas possuem ampla variação, no que tange ao potencial para a extração de linhagens.

No presente trabalho, como já comentado, constatou-se que a estimativa média de **m+a'** representa 30,63% da média da geração F<sub>1</sub> dos híbridos, tendo sido encontrados valores variando de 5,6% a 50,7%. Isso indica que, em média, o desempenho das linhagens parentais foi responsável por 30,63% da produtividade dos híbridos. Na literatura, há vários relatos da estimativa de **m+a'**, especialmente envolvendo populações em equilíbrio (Cardoso, 1999; Packer, 1998; e Pacheco et al., 1998). No caso de híbridos comerciais utilizados

no Brasil, os resultados são mais restritos. Lima (1999) observou que a contribuição de **m+a'** para o desempenho do híbrido C333B foi de 28,6% e 27,6% para o Z8392, ou seja, valores semelhantes aos observados para os híbridos utilizados neste trabalho.

As maiores estimativas de **m+a'** foram obtidas para os híbridos 3 e 10, evidenciando que, entre os híbridos avaliados, estes apresentam o maior potencial para a extração de linhagens com maior produtividade de grãos; o de menor potencial é o híbrido 9. Deve ser enfatizado que, na geração  $F_{\infty}$ , a média das linhagens será igual a **m+a'** pois, nos locos em que estão segregando, os efeitos dos homozigotos se anulam. Assim, a média das n linhagens possíveis irá depender apenas dos locos que estão fixados nos parentais.

A estimativa da contribuição dos locos em heterozigose (**d**) foi mais expressiva do que dos locos em homozigose (**m+a'**). Depreende-se, então, que o desempenho dos híbridos foi função, principalmente, da contribuição da heterose. Trabalhos conduzidos nos EUA, comparando o desempenho das linhagens de diferentes décadas, demonstraram que a heterose aumentou com o decorrer dos anos, porém, proporcionalmente à média dos híbridos, ela permaneceu relativamente estável, em torno de 70% (Lamkey & Smith, 1987).

O sucesso dos programas de melhoramento de milho está fundamentado na escolha criteriosa das populações para serem utilizadas na extração de linhagens, uma vez que a grande quantidade de linhagens obtidas leva o melhorista a tomar o critério de selecionar as que forem mais produtivas e descartar as menos produtivas. Nesse contexto, a estimativa de **m+a'**, proposta por Vencovsky (1987), é fácil de ser obtida e tem demonstrado bons resultados. A estimativa permitirá ao melhorista, a partir da avaliação simultânea das gerações  $F_1$  e  $F_2$ , obter informações precocemente da média das potenciais linhagens na geração  $S_{\infty}$ . Desse modo, pode-se inferir que o potencial de uma população em equilíbrio para a extração de linhagens depende da contribuição



dos locos em homozigose e não da média da população “*per se*” (Vencovsky, 1987).

Segundo Lima et al. (1984), um modelo simples sem epistasia, no qual a contribuição de ambos os homozigotos para a média é positiva, espera-se que os valores de **m+a'** sejam superiores aos valores de **d** para caracteres com elevado nível de dominância. Dessa forma, valores altos de **m+a'** são indicativos do potencial dos materiais como fonte de linhagens com alta produção. Os resultados observados para peso de grãos e peso de espiga, portanto, confirmam a natureza desses caracteres (elevado grau de dominância). Nass & Miranda Filho (1995) relatam que os valores baixos de **m+a'** são decorrentes da presença de alelos desfavoráveis, o que inviabiliza a população como fonte de linhagens, sendo necessárias contínuas autofecundações e seleções para a obtenção de linhagens com melhores performances.

Valores negativos de (**m+a'**) foram observados em alguns materiais, para os caracteres peso de grãos e peso de espiga (Tabelas 4 A e 4B). Isso pode ser explicado, segundo Lima et al. (1984), como consequência de erro experimental ou devido a uma homozigosidade maior do que a proporção esperada (50% para as linhagens  $S_I$ ). Lima et al. (1984) complementam, ainda, que há possibilidade da ocorrência de efeitos epistáticos de outros genes controlando os caracteres em questão. Pinto et al. (1989) explicam a ocorrência desses valores negativos como sendo uma superestimação dos efeitos da endogamia, em razão da linearidade do modelo de Gardner & Eberhart (1966). O problema se agrava nas gerações mais avançadas, levando à obtenção de estimativas irreais (negativas) para linhagens.

Levando-se em conta a predição do potencial das linhagens associadas a uma boa variabilidade, a estimativa de **m+a'** permite a obtenção das informações de que os melhoristas necessitam para tomar decisões sobre quais populações segregantes serão mais promissoras. Conforme já discutido, a

obtenção de linhagens vigorosas é de fundamental importância em programas de melhoramento, pois permite que a exploração da heterose não seja restringida pela inviabilidade de produção da semente híbrida. Sendo assim, uma das alternativas para continuar tendo incremento na produtividade dos híbridos obtidos é por meio do melhoramento do desempenho das linhagens “*per se*”. Entre outras vantagens, isso poderia contribuir para reduzir o custo de produção das sementes híbridas, haja vista que, com linhagens mais produtivas, a produção de sementes por área seria maior. Essa melhoria no desempenho das linhagens pode ser conseguida por meio do melhoramento de populações ou por meio da eliminação de defeitos das melhores linhagens existentes. Esse último procedimento, ao que tudo indica, é o mais utilizado (Troyer, 1999).

Os resultados das correlações entre o desempenho das gerações  $F_1$  dos híbridos e  $\mathbf{m+a'}$  e as correlações entre o desempenho das gerações  $F_1$  dos híbridos e  $\mathbf{d}$  encontram-se na Tabela 7. Para os caracteres altura de plantas, altura de espigas, diâmetro de espiga, peso de espiga e peso de grãos não foram detectadas significâncias para as estimativas das correlações entre  $F_1$  e  $(\mathbf{m+a'})$  e  $F_1$  e  $\mathbf{d}$ , a 5% de probabilidade. Somente foram significativas as correlações entre o desempenho das gerações  $F_1$  dos híbridos e  $\mathbf{d}$  para os caracteres número de folhas acima da espiga, diâmetro do colmo e comprimento da espiga e as correlações entre o desempenho das gerações  $F_1$  dos híbridos e  $\mathbf{m+a'}$ , para o caracter diâmetro do sabugo.

As correlações entre média da geração  $F_1$  e estimativa de  $\mathbf{m+a'}$  e entre a média da geração  $F_1$  e  $\mathbf{d}$ , para os caracteres peso de espiga e peso de grãos, foram não significativas, indicando que não há uma associação entre as médias dos híbridos e as médias das linhagens parentais, e entre as médias dos híbridos e a heterose. Isso significa que não é possível escolher populações com base apenas no desempenho do híbrido. Para os caracteres com baixa dominância, como peso de grãos e peso de espigas, a contribuição maior foi dos locos

heterozigóticos (**d**), confirmando, assim, a natureza não aditiva. Para os demais caracteres, a contribuição dos locos homozigóticos (**m+a'**) foi mais consistente, exibindo, portanto, natureza predominantemente aditiva. Tais resultados estão em concordância com os estudos realizados por Nass (1992).

Deve-se enfatizar que as estimativas de **m+a'** e **d** são medidas que envolvem valores relacionados à média do caráter, no processo endogâmico. Para o melhoramento genético, é importante avaliar a distribuição das médias das estimativas de **m+a'** e **d**, a qual revelará o potencial da população para a extração de linhagens superiores. Outro aspecto que assume importância é a projeção da depressão por endogamia após sucessivas autofecundações, que é função dos efeitos de dominância e também dos coeficientes de endogamia das gerações utilizadas (Souza Júnior & Fernandes, 1997).

**TABELA 7.** Correlação entre médias da geração F<sub>1</sub> dos híbridos e **m+a'** e correlação entre média da geração F<sub>1</sub> e **d** para os caracteres altura de plantas (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro do colmo ( $\emptyset$  colmo), comprimento da espiga (Com.Espiga), diâmetro da espiga ( $\emptyset$  espiga), diâmetro do sabugo ( $\emptyset$  sabugo), peso espiga (PE), peso de grãos (PG) baseados na análise conjunta dos dados. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

	<b>Alt. planta</b>	<b>Alt. Espiga</b>	<b>n° .f.ac.esp.</b>	<b><math>\emptyset</math> colmo</b>	<b>Com. Espiga</b>
corr F <sub>1</sub> e m+a'	0,35n.s.	0,57n.s.	0,55n.s.	-0,27n.s.	-0,42n.s.
corr F <sub>1</sub> e d	0,40n.s.	-0,28n.s.	0,78*	0,60*	0,65*
	<b><math>\emptyset</math> espiga</b>	<b><math>\emptyset</math> sabugo</b>	<b>peso espiga</b>	<b>peso grãos</b>	
corr F <sub>1</sub> e m+a'	0,49n.s.	0,79*	-0,24n.s.	-0,43n.s.	
corr F <sub>1</sub> e d	-0,18n.s.	-0,34n.s.	0,35n.s.	0,56n.s.	

\*: Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de t

## 5 CONCLUSÕES

Maiores estimativas de depressão por endogamia foram detectadas para peso de grãos, peso de espiga, altura de espiga e altura de planta.

Os híbridos simples apresentam potencial para extração de linhagens.

As correlações entre o desempenho da geração  $F_1$  e a estimativa de  $\mathbf{m+a'}$  e entre o desempenho da geração  $F_1$  e  $\mathbf{d}$  para os caracteres peso de espiga e peso de grãos foram não significativas. Assim, o desempenho do híbrido *per se* não é um bom parâmetro para a escolha de populações para extração de linhagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F.B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais.** 1997.80p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding.** New York: J. Willey, 1960. 485p.
- ARAÚJO, P.M. **Dialelo parcial circulante interpopulacional e cruzamento "Top-cross" na avaliação de linhagens parcialmente endogâmicas de milho (*Zea mays* L.).** 2000. 170f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants.** Minnesota: Woodbury, 2002. 368p.
- CARDOSO, R.G. **Depressão por endogamia dos componentes da produção em populações e híbridos de milho (*Zea mays* L.).** 1999. 134p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- CARLONE, M.R.; RUSSEL, W.A. Evaluation of S2 maize lines reproduced from several generations by random mating within lines: II. Comparisons of testcross performance of original and advanced S2 and S8 lines. **Crop Science**, Madison, v.28, n.6, p.916-920, 1988.
- CARVALHO, A.D.F.; SOUZA, J.C.; RIBEIRO, P.H. Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em regiões dos Estados de Roraima e Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.8, p.985-990, 2003.
- CHOO, T.M.; KANNENBERG, L.W. Relative efficiencies of population improvement methods in corn: A simulation study. **Crop Science**, v.19, p.179-185, 1979.
- COCKERHAM, C.C.; MATZINGER, D.F. Selection response based on selfed progenies. **Crop Science**, Madison, v.25, n.3, p.483-488, May/June 1985.

COMSTOCK, R.E. Selection procedures in corn improvement. In: ANNUAL CORN & SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 19, Chicago, 1964. **Proceedings**. Washington: ASTA, 1964. p.12-23.

COMSTOCK, R.E. Selection procedures in corn improvement. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRIAL RESEARCH CONFERENCE, 19., 1964. **Proceedings...** 1966. p.1-8.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, CIB (2006). **A genética clássica no desenvolvimento do milho**. Disponível em: <<http://www.cib.org.br>>. Acesso em: 10 jul. 2007.

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, Mar. 1997.

DUVICK, D. Plant breeding, an evolutionary concept. **Crop Science**, Madison, v.36, n.2, p.539-548, Mar./Apr. 1996.

DUVICK, D.N. Heterosis: feeding people and protecting natural research. In: COORS, J.G.; PANDEY, S. (Ed.). **Genetics and exploitation of heterosis in crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1999. 524p.

EAST, E.M.; JONES, D.F. **Inbreeding and outbreeding**. Philadelphia: J.B.Lippincott, 1919. 285p.

EBERHART, S.A.; SALHUANA, W.; SEVILLA, R.; TABA, S. Principles for tropical maize breeding. **Maydica**, v.40, p.339-355, 1995.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de SILVA, M.A.; SILVA, J.C. Viçosa, MG: UFV, 1981. 279 p. Título original: Introduction to quantitative genetics.

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York: Roland, 1989. 438p.

FARIAS NETO, A.L. de; MIRANDA FILHO, J.B. Inbreeding in two maize subpopulations selected for tassel size. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.487-490, 2000.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v.22, p.439-453, 1966.

- GENTER, C.F. Yield of S1 lines from original and advanced synthetic varieties of maize. **Crop Science**, v.11, p.821-824, 1971
- GOOD, R.L.; HALLAUER, A.R. Inbreeding depression in maize by selfing and full-sibbing. **Crop Science**, Madison, v.17, p.935-940, 1977.
- HALLAUER, A.R. Relation of quantitative genetics to applied maize breeding. **Brazilian Journal of Genetics**, v.3, p.207-233, 1980.
- HALLAUER, A.R. Methods used in developing maize inbred lines. **Maydica**, v.35, p.1-16, 1990.
- HALLAUER, A.R. Recurrent selection in maize. **Plant Breed. Rev.**, v.9, p.115-179, 1992.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University, 1981. 468p.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University, 1988. 468p.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2.ed. Ames: Iowa State University, 1995.
- HALLAUER, A.R.; SEARS, J.H. Changes in quantitative traits associated with inbreeding in a synthetic variety of maize. **Crop Science**, Madison, v.13, p.327-330, 1973.
- JONES, D.F. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development **Bulletin of the Connecticut Agricultural Experiment Station**, v.207, p.5-100, 1918.
- JONES, D.F. Continued inbreeding in maize. **Genetics**, v.24, p.462-473, 1939.
- LAMKEY, K.R.; SMITH, O.S. Performance and inbreeding depression of populations representing seven eras of maize breeding. **Crop Science**, Madison, v.27, n.4, p.695-699, July/Aug. 1987.
- LIMA, M.; MIRANDA FILHO, J.B.; GALLO, P.B. Inbreeding depression in Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v.29, p.203-215, 1984.

LIMA, M.W.P. **Alternativa de escolha de populações de milho para extração de linhagens**. 1999. 49p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LIMA, M.W.P.; SOUZA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Procedimentos para a escolha de populações de milho para extração de linhagens. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.153-158, 2000.

LOPES, M.T.G.; VIANA, J.M.S.; MATTA, F.P. Efeito depressivo da endogamia em três tipos genéticos de híbridos de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 12., 1998, Recife. **Anais...** Recife: ABMS, 1998. CD-ROM.

MIRANDA FILHO, J.B. de. Inbreeding and heterosis. In: COORS, J.G.; PANDEY, S. (Ed.) **The genetics and exploitation of heterosis in crops**. Madison: ASA, 1999. p.69-80

NASS, L.L. **Variabilidade genética de populações semi-exóticas de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 136p. (Tese –Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

NASS, L.L.; MIRANDA FILHO, J.B. Inbreeding depression rates of semi-exotic maize (*Zea mays* L.) populations. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.18, p.585-592, 1995.

PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X.; CRUZ, C.D.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; CARVALHO, H.W.L.; VIEIRA, P.A.; SILVA, A.E. Avaliação da depressão por endogamia em 28 populações elites de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Anais...** Recife, 1998. CD-ROM.

PACKER, D. **Variabilidade genética e endogamia em quatro populações de milho (*Zea mays* L.)**. 1998. 102p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

PATERNIANI, E. **Estudos recentes sobre heterose**. Campinas: Fundação Cargill, 1974. 35p. (Boletim Técnico, 1).

PATERNIANI, E. Métodos tradicionais de melhoramento do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p.23-43.



PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 5.ed.Piracicaba: Nobel, 1985. 466p.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.(Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 11).

PINTO, L.R.M.; SILVA, J.C.; SILVA, M.A.; SEDIYAMA, C.S. Estimação da depressão causada pela endogamia e do rendimento de linhagens pela análise das médias de um dialelo entre oito variedades de milho (*Zea mays* L.) **Revista Ceres**, v.12, p.67-80, 1989.

RAMALHO, M.A.P; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**.2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 322p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.B. **Genética na agropecuária**.6.ed. São Paulo: Globo, 1989. 359p.

REZENDE, G.D.S.P. **Heterose, depressão por endogamia e variabilidade genética associadas à seleção e oscilação genética nas populações de milho BR-105 e BR-106**. 1997. 112p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SAN VICENT, F.M.; HALLAUER, A.R. Inbreeding depression rates of materials derived from two groups of maize inbred lines. **Revista Brasileira de Genética**, v.16, p.989-1001, 1993.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT<sup>R</sup> 8.0**: user's guide. Cary, NC, 2000.

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**, Brasília, v.30, n.5, p.683-686, 1995.

SHULL, G.H. The composition of a field of maize. **Amer. Breeder's Assoc. Rep.**, v.4, p.296-301, 1908.

SHULL, G.H. A pure line method of corn breeding. **Amer. Breeder's Assoc. Rep.**, v.5, p.51-59, 1909.

SHULL, G.H. Hybridization methods of corn breeding. **Amer. Breeder's Mag.**, v.1, p.98-107, 1910.

SILVA, R.M. da. **Estudo do sistema reprodutivo e divergência genética em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Shum.)**. 1996. 151f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SIMON, G.A. et al. Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.55-62, 2004.

SMITH, O.S. Application of a modified diallel analysis to evaluate recurrent for grain yield in maize. **Crop Science**, v.19, p.819-822, 1979.

SOUZA JÚNIOR, C.L. Reciprocal recurrent selection with half-sib progenies obtained alternately from non-inbred (S0) and inbred (S1) plants in maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v.32, p.19-31, 1987.

SOUZA JÚNIOR., C.L. Avaliação de híbridos de linhagens S3 de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS/ENGOPA/EMBRAPA/UFG/EMATER, 1995. p.95.

SOUZA JÚNIOR, C.L. Melhoramento de espécies alógamas. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.159-199.

SOUZA JÚNIOR, C.L.; FERNANDES, J.S.C. Predicting the range of inbreeding depression of inbred lines in cross-pollinated populations. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.20, n.1, p.35-39, Mar. 1997.

SOUZA SOBRINHO, F. de. **Divergência genética de híbridos simples e alternativas para a obtenção de híbridos duplos de milho**. 2001. 96p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramentos de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA SOBRINHO, F. de; RAMALHO, M.A.P.; SOUZA, J.C. de. Genetic vulnerability and potencial for inbred lines extraction for maize single cross hybrids. **Maydica**, Bergamo, 2000.

SOUZA SOBRINHO, F. de; RAMALHO, M.A.P.; SOUZA, J.C. de.  
Alternatives for obtaining double cross maize hybrids. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.1, p.70-76, jan./abr. 2002.

SPANER, D.; BRATHWAITE, R.A.I.; MATHER, D.E. Diallel study of open-pollinated maize varieties in Trinidad. **Euphytica** Wageningen, v.90, n.1, p.65-72, 1996

TERESAWA JUNIOR., F. **Seleção recorrente com endogamia em duas populações de milho** : avaliação quantitativa e perspectiva para seleção de híbridos. Piracicaba, 1993. 169p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

TROYER, A.F. Background of U.S. hybrid corn. **Crop Science**, Madison, v.39, n.3, p.601-626, May/June 1999.

TROYER, A.F. Adaptedness and heterosis in corn and mule hybrids. **Crop Science**, Madison, v.46, n.2, p.528-543, Mar./Apr. 2006.

VASAL, S.K.; DHILLON, B.S.; SRINIVASAN,G.; MCLEAN, S.D.; ZHANG, S.H. Effect of S3 recurrent selection in four tropical maize populations on their selfed and randomly mated generations. **Crop Science**, Madison, v.35, p.697-702, 1995.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987b. p.122-201.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VIANNA, R.T.; GAMA, E.E.G.; NASPOLINI FILHO, V.; MORO, J.R.; VENCOVSKY, R. Inbreeding depression of several introduced populations of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v.27, p.151-157, 1982.

## ANEXOS

	Página
TABELA 1 A Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F <sub>1</sub> de híbridos simples de milho na Fazenda Experimental Vitorinha. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	54
TABELA 2 A Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F <sub>2</sub> de híbridos simples de milho na Fazenda Experimental Vitorinha. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	55
TABELA 3 A Estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (d) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados na Fazenda Experimental Vitorinha. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	56
TABELA 4 A Estimativas da contribuição dos locos em homozigose (m +a') para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados na Fazenda Experimental Vitorinha. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	57

TABELA 1 B	Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$ colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$ espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$ sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F <sub>1</sub> de híbridos simples de milho em Lavras. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	58
TABELA 2 B	Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$ colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$ espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$ sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F <sub>2</sub> de híbridos simples de milho em Lavras. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	59
TABELA 3 B	Estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (d) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$ colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$ espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$ sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados em Lavras. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	60
TABELA 4 B	Estimativas da contribuição dos locos em homozigose (m +a') para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$ colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$ espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$ sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados em Lavras. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	61
TABELA 1 C	Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$ colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$ espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$ sabugo), peso de espiga (PE) e peso	

	de grãos (PG) para a geração F <sub>1</sub> de híbridos simples de milho em Ijaci. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	62
TABELA 2 C	Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F <sub>2</sub> de híbridos simples de milho em Ijaci. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	62
TABELA 3 C	Estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (d) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados em Ijaci. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	63
TABELA 4 C	Estimativas da contribuição dos locos em homozigose (m+a') para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados em Ijaci. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.....	64

### Tabelas Análise Fazenda Experimental Vitorinha

**TABELA 1A.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F<sub>1</sub> de híbridos simples de milho na Fazenda Experimental Vitorinha. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

FV	G.L.	QM								
		AP	AE	n° f.ac.esp.	Ø colmo	Com.Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
Trat.	9	0,57**	0,16**	2,45**	0,66**	42,46**	1,24**	0,36**	13169,00**	9241,34**
Bloco	2	0,89**	0,22**	1,83**	1,90**	24,68**	1,68**	0,04n.s.	5758,02*	4409,54*
Erro	18	0,06	0,04	0,26	0,51	32,53	2,07	0,06	8382,81	5997,31
C.V. (%)		6,39	13,10	8,53	17,58	13,24	11,08	10,19	25,68	25,63
R <sup>2</sup>		0,86	0,62	0,50	0,69	0,68	0,64	0,36	0,57	0,57
Média		1,69	0,90	5,97	1,55	15,43	4,50	2,61	164,62	140,90

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

**TABELA 2A.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F<sub>2</sub> de híbridos simples de milho na Fazenda Experimental Vitorinha. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

QM										
FV	G.L.	AP	AE	n° f.ac,esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
Trat.	9	0,33**	0,18**	1,31**	0,13n.s.	31,59**	0,63*	0,25**	7100,00**	6270,77**
Bloco	2	1,26**	0,53**	0,32n.s.	0,14n.s.	2,59n.s.	1,28*	0,01n.s.	3772,16n.s.	192,24n.s.
Erro	18	0,13	0,07	0,40	0,15	10,51	0,43	0,08	4248,61	4518,98
C.V.(%)		11,68	18,41	10,07	23,50	17,90	13,72	10,54	40,16	42,74
R <sup>2</sup>		0,72	0,68	0,32	0,28	0,38	0,30	0,32	0,34	0,37
Média		1,39	0,68	5,85	1,32	14,52	4,07	2,55	122,27	103,37

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.



**TABELA 3A.** Estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (d) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados na Fazenda Experimental Vitorinha. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Tratamentos	AP	AE	n° f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
1	1,04	0,66	0,66	1,2	6,2	1,2	0,3	118,94	121,06
2	0,98	0,44	1,34	1,2	11,24	1,34	0,2	201,6	171,2
3	0,6	0,48	0,26	0,2	2,48	1,38	-0,24	84,68	15,34
4	0,8	0,54	0,4	0,8	-2,9	0,14	0,16	-2,14	-4,28
5	0,54	0,22	-0,4	0,12	-4,7	0,5	0,14	-6,28	4,14
6	0,46	0,28	0,14	0,36	5,14	0,44	0,12	114,54	92,28
7	0,3	0,34	0,26	0,34	4,2	0,62	0,04	130,4	129,06
8	0,74	0,68	0	0,4	1,94	0,36	0,3	100,54	85,86
9	0,4	0,26	-0,14	0,22	-1,14	0,66	0,08	103,48	113,06
10	0,16	0,1	-0,24	-0,2	-7,64	3,32	-0,12	-47,2	-18,48
Média	0,602	0,4	0,228	0,464	1,482	0,996	0,098	79,856	70,924

**TABELA 4A.** Estimativas da contribuição dos locos em homozigose ( $m+a'$ ) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (nº f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$  colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$  espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$  sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados na Fazenda Experimental Vitorinha. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Tratamentos	AP	AE	nº f.ac.esp.	$\emptyset$ colmo	Com. Espiga	$\emptyset$ espiga	$\emptyset$ sabugo	PG	PE
1	0,85	0,33	5,87	0,77	11,67	3,37	2,38	49,47	74,40
2	1,13	0,68	5,07	0,64	5,63	3,10	2,35	-17,60	-19,60
3	0,92	0,30	5,67	1,19	12,67	3,63	2,54	118,00	68,93
4	0,80	0,28	5,87	0,85	16,81	3,99	2,37	114,67	132,67
5	1,06	0,62	6,40	1,25	18,07	3,82	2,47	101,60	129,07
6	1,39	0,63	6,07	1,21	12,97	4,11	2,73	90,13	104,87
7	1,33	0,59	5,67	1,02	11,27	3,77	2,33	19,20	41,47
8	0,86	0,28	5,27	0,99	13,14	4,13	2,50	54,27	67,60
9	1,19	0,54	5,60	1,31	15,47	3,71	2,63	29,87	59,73
10	1,33	0,70	5,93	1,53	15,22	3,90	2,56	112,17	159,86
$m+a'$	1,09	0,49	5,74	1,08	13,29	3,75	2,49	62,57	76,31

### Tabelas Análise Lavras

**TABELA 1B.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F<sub>1</sub> de híbridos simples de milho em Lavras. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

FV	G.L.	Q.M.								
		AP	AE	n° f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
Trat.	9	0,32**	0,08**	1,15**	0,47**	4,35n.s.	0,14n.s.	0,10**	3156,09n.s.	1758,14n.s.
Bloco	2	0,73**	0,12**	1,22*	0,09n.s.	1,62n.s.	0,13n.s.	0,02n.s.	12206,10**	5357,00*
Erro	18	0,35	0,15	0,36	0,25	10,5	0,23	0,24	6104,32	3815,34
C.V. (%)		5,55	7,95	8,57	13,9	10,28	5,98	6,75	15,49	15,04
R <sup>2</sup>		0,83	0,74	0,36	0,49	0,38	0,36	0,57	0,41	0,38
Média		2,42	1,32	6,32	2,03	17,41	4,97	2,76	285,27	240,07

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

**TABELA 2B.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$  colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$  espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$  sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F<sub>2</sub> de híbridos simples de milho em Lavras. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Q.M.										
FV	G.L.	AP	AE	n° f.ac.esp.	$\emptyset$ colmo	Com. Espiga	$\emptyset$ espiga	$\emptyset$ sabugo	PE	PG
Trat.	9	0,11*	0,08**	1,40**	0,68**	17,67**	0,54**	0,43**	5845,64*	4856,16**
Bloco	2	3,60**	1,49**	1,62*	4,51**	1,60n.s.	1,16**	0,11n.s.	9788,78*	8744,06*
Erro	18	0,24	0,14	0,86	0,25	3,08	0,24	0,04	3864,36	3158,49
C.V. (%)		12,06	16,05	10,74	23,55	16,74	8,83	8,43	34,22	35,74
R <sup>2</sup>		0,70	0,70	0,39	0,54	0,21	0,41	0,48	0,32	0,34
Média		1,77	0,95	5,91	1,58	15,43	4,23	2,54	147,22	121,84

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

**TABELA 3B.** Estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (d) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados em Lavras. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Tratamentos	AP	AE	n° f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
1	1,56	0,84	0,14	1,14	1,68	0,94	0,38	234,4	177,72
2	1,16	0,52	0,8	0,36	2,32	1,42	0,26	258	221,2
3	0,62	0,42	0,26	-0,02	1,88	1,58	0,44	250	210,94
4	1,52	0,8	0,8	0,78	1,96	1,84	0,68	304,4	254,92
5	1,2	0,7	1,34	0,84	3,2	1,46	0,36	250,12	223,6
6	1,48	0,84	1,08	1,3	3,62	1,84	0,3	286,92	254,4
7	1,36	0,82	1,2	0,96	8,3	1,82	1,24	338,14	275,6
8	1	0,48	1,08	0,8	4,58	1,08	0,02	265,2	232,14
9	1,38	0,84	0,26	1,44	7,12	1,9	0,4	365,46	319,06
10	1,84	1,08	1,2	1,44	5,02	0,88	0,26	208,4	195,06
Média d	1,312	0,734	0,816	0,904	3,968	1,476	0,434	276,104	236,464

**TABELA 4B.** Estimativas da contribuição dos locos em homozigose ( $m+a'$ ) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$  colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$  espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$  sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados em Lavras. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Tratamentos	AP	AE	n° f.ac.esp.	$\emptyset$ colmo	Com. Espiga	$\emptyset$ espiga	$\emptyset$ sabugo	PG	PE
1	1,05	0,51	6,40	1,23	15,29	3,89	2,45	49,93	44,60
2	1,35	0,82	5,60	1,51	14,75	3,55	2,35	21,47	26,33
3	1,52	0,80	5,87	1,81	16,10	3,30	2,27	30,67	37,27
4	1,00	0,52	5,60	1,48	15,41	3,23	2,07	8,48	-3,40
5	1,18	0,67	5,20	1,25	13,53	3,39	2,27	0,55	0,13
6	1,04	0,48	5,73	0,75	14,47	3,20	2,53	2,31	-1,07
7	1,02	0,54	5,13	1,01	9,97	3,21	1,60	3,67	-36,80
8	1,25	0,70	5,13	1,07	12,89	3,95	2,83	10,87	25,13
9	0,98	0,42	5,60	0,49	10,27	3,08	2,42	-34,55	-72,13
10	0,72	0,34	4,80	0,67	11,81	4,16	2,57	46,27	71,60
$m+a'$	1,11	0,58	5,51	1,13	13,44	3,49	2,33	13,97	9,17

**Tabelas Análise Ijaci**

**TABELA 1C.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F<sub>1</sub> de híbridos simples de milho em Ijaci. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

QM										
FV	G.L.	AP	AE	n° f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
Trat.	9	0,22**	0,04**	2,09**	0,09n.s.	16,56**	0,35**	0,57**	6178,68*	4390,07**
Bloco	2	0,34**	0,24**	0,42n.s.	0,14n.s.	4,30n.s.	0,009n.s.	0,03n.s.	2140,66n.s.	514,66n.s.
Erro	18	0,06	0,03	0,47	0,14	3,85	0,08	0,02	2956,40	1524,29
C.V. (%)		4,81	7,99	8,47	14,30	11,84	6,32	6,85	17,02	15,49
R <sup>2</sup>		0,70	0,53	0,43	0,24	0,31	0,29	0,57	0,28	0,28
Média		2,49	1,36	6,61	2,20	17,28	4,99	2,78	291,97	244,87

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

**TABELA 2C.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) para a geração F<sub>2</sub> de híbridos simples de milho em Ijaci. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

QM										
FV	G.L.	AP	AE	n° f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
Trat.	9	0,19**	0,05**	0,76n.s.	0,22n.s.	5,52n.s.	0,20*	0,64**	3068,96n.s.	2266,74n.s.
Bloco	2	0,17**	0,09*	0,44n.s.	0,02n.s.	4,72n.s.	0,22n.s.	0,01n.s.	7311,50*	4943,16*
Erro	18	0,03	0,04	0,69	0,11	4,13	0,10	0,06	2061,68	1410,57
C.V. (%)		7,28	13,19	10,47	16,79	12,98	6,95	8,39	21,06	19,94
R <sup>2</sup>		0,49	0,38	0,27	0,22	0,21	0,26	0,54	0,23	0,25
Média		2,12	1,09	6,45	2,07	15,68	4,56	2,65	221,20	185,47

\* ; \*\*: Significativo, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

**TABELA 3C.** Estimativas da contribuição dos locos em heterozigose (d) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo (Ø colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga (Ø espiga), diâmetro de sabugo (Ø sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados em Ijaci. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Tratamentos	AP	AE	n° f.ac.esp.	Ø colmo	Com. Espiga	Ø espiga	Ø sabugo	PE	PG
1	0,86	0,52	0,92	0,44	2,58	0,48	0,2	156	126
2	0,72	0,5	0,4	0,32	4,26	0,7	0,24	148,66	129,34
3	0,66	0,52	0,68	0,04	0,88	0,72	-0,02	83,34	80,66
4	0,6	0,5	0,4	0,42	5,28	0,84	0,4	184,68	147,32
5	0,62	0,54	0,12	-0,16	1,7	1,1	0,46	140	125,32
6	0,8	0,42	1,06	-0,18	3,04	1,1	0,2	170	142
7	0,86	0,54	-0,14	0,52	2,78	0,98	0,36	113,32	96,66
8	0,6	0,46	0,14	0,48	4,84	0,96	0,26	153,34	120,68
9	0,98	0,74	-0,54	0,14	6,52	0,96	0,46	196	168,66
10	0,8	0,76	0	0,58	0,24	0,8	0,14	70	51,34
Média	0,75	0,55	0,304	0,26	3,212	0,864	0,27	141,534	118,798



**TABELA 4C.** Estimativas da contribuição dos locos em homozigose ( $m+a'$ ) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), número de folhas acima da espiga (n° f.ac.esp.), diâmetro de colmo ( $\emptyset$  colmo), comprimento de espiga (Com. Espiga), diâmetro de espiga ( $\emptyset$  espiga), diâmetro de sabugo ( $\emptyset$  sabugo), peso de espiga (PE) e peso de grãos (PG) dos híbridos avaliados em Ijaci. UFLA, Lavras, MG, safra 2005/2006.

Tratamentos	AP	AE	n° f.ac.esp.	$\emptyset$ colmo	Com. Espiga	$\emptyset$ espiga	$\emptyset$ sabugo	PG	PE
1	1,76	0,84	5,93	1,75	14,44	4,21	2,59	109,33	134,33
2	1,97	0,91	6,53	1,99	13,77	4,25	2,47	129,67	150,67
3	1,79	0,79	5,93	2,14	15,97	4,38	2,69	167,67	203,00
4	1,76	0,76	6,40	1,85	13,49	4,08	2,31	121,33	143,33
5	1,80	0,86	6,73	2,29	14,78	3,94	2,26	118,33	143,00
6	1,85	0,96	6,07	2,35	15,16	4,05	2,90	116,67	141,33
7	1,67	0,87	6,47	1,75	13,61	3,94	2,13	129,67	152,33
8	1,74	0,83	6,27	1,67	12,49	4,27	2,82	128,33	150,00
9	1,47	0,66	6,60	1,90	11,85	3,99	2,46	80,67	96,67
10	1,59	0,63	6,07	1,66	15,21	4,11	2,53	159,00	189,67
$m+a'$	1,74	0,81	6,3	1,93	14,07	4,12	2,52	126,06	150,43