

NÚMERO DE PLANTAS PARA REPRESENTAR FAMÍLIAS NA OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS $S_2 \times S_2$ DE MILHO¹

GLAUCO SANTOS BAHIA², MAGNO ANTONIO PATTO RAMALHO², JOÃO CÂNDIDO DE SOUZA², DANIEL FERREIRA FURTADO³

¹Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

²Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia. Caixa postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: magnoapr@ufla.br (autor para correspondência).

³Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Exatas. Caixa postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.1, p.87-96, 2003

RESUMO - O presente trabalho foi realizado com o objetivo de identificar o número mínimo necessário de plantas por família a serem cruzadas na obtenção de híbridos experimentais $S_2 \times S_2$. Para isso, foram avaliados 19 híbridos $S_{0,2} \times S_{0,2}$, cruzamentos entre famílias S_2 obtidas pelo método "bulk" dentro de famílias, derivados das populações S_0 dos híbridos comerciais AG 1043 e XL 345. Esses híbridos foram gerados pelo cruzamento planta a planta, envolvendo 45 indivíduos por família. Na colheita, as sementes híbridas de cada espiga foram misturadas envolvendo 3, 6, 12 ou 24 indivíduos de cada família, para originar os tamanhos da amostra. As avaliações das combinações híbridas $S_{0,2} \times S_{0,2}$ foram conduzidas em dois municípios do Sul de Minas Gerais, Lavras, 21°14'S de latitude e 45°00'W de longitude, e Ijaci, 21°10'S de latitude e 44°55'W de longitude. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, segundo o esquema de parcelas subdivididas, sendo os tratamentos das subparcelas os tamanhos da amostra e das parcelas, os híbridos $S_{0,2} \times S_{0,2}$. Os caracteres avaliados foram: altura de plantas e espigas, diâmetro de plantas e espigas, peso de espiga, produtividade de espigas despalhadas, produtividade de grãos, comprimento de espigas, peso de 200 grãos e prolificidade. Procedeu-se às análises de variância e correspondente decomposição da interação híbridos e amostras, estudando os efeitos das amostras dentro de cada híbrido e também dos híbridos dentro de cada tamanho amostral. Estimaram-se, adicionalmente, parâmetros genéticos e fenotípicos para cada tamanho amostral. Constatou-se que, para a maioria dos caracteres e híbridos $S_{0,2} \times S_{0,2}$, não foi evidenciada diferença entre o número de indivíduos envolvidos nos cruzamentos, o que permite concluir que esse número pode ser, no mínimo, de 3. Contudo, para garantir um maior número de sementes para avaliações, esse número deve ser maior.

Palavras-chave: *Zea mays*, híbrido, família S_2 , melhoramento genético vegetal.

NUMBER OF PLANTS TO REPRESENT S_2 MAIZE FAMILIES TO OBTAIN $S_2 \times S_2$ HIBRIDS

ABSTRACT - This investigation aimed at determining the minimum number of S_2 plants per family required in order to generate $S_2 \times S_2$ experimental hybrids. Nineteen $S_{0,2} \times S_{0,2}$ hybrids derived from S_0 populations from the commercial hybrids AG-1043 and XL-345 were evaluated for this purpose. These hybrids were generated by intercrossing 45 individuals per family. Sample sizes of 3, 6, 12 and 24 individuals within each family (same ear) were evaluated. Performance of the $S_{0,2} \times S_{0,2}$ hybrid combinations was assessed at two locations in Southern Minas Gerais State: Lavras (21°14'S latitude - 45°00'W longitude) and Ijaci (21°10'S latitude

- 44°55'W longitude). The trials were evaluated in a randomized complete block design with three replications in a split-plot scheme in which plots were comprised of $S_{0.2} \times S_{0.2}$ hybrids and sub-plots of sample sizes. The following traits were assessed: plant and ear height and diameter, ear weight, husked ear and grain yield, ear length, weight of 200 grains and prolificacy. Analysis of variance was undertaken and the corresponding interaction progeny x sample size decomposed. This analysis allowed us to study not only the effect of the sample sizes within each family but also of families within each sample size. In addition, genetic and phenotypic parameters were estimated for each sample size. No significant difference among the number of individuals in each cross was detected for the majority of the traits and $S_{0.2}$ families. Thus, it was concluded that the minimum number of individuals needed to represent the S_2 maize families to produce hybrids was three. However, for practical purposes such as the availability of sufficient seed for further evaluations, it is recommended that this number should be greater than three.

Key-words: *Zea mays*, hibrid, S_2 family, plant breeding.

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). A grande vantagem dessas cultivares é o aproveitamento da heterose, fenômeno que foi descoberto no início do século XX. Existem dois modos de perpetuar a heterose. Um é por meio de propagação assexuada, o que é realizado em fruteiras, eucaliptos e outras espécies em que há possibilidade desse tipo de multiplicação. O outro é por meio de linhagens. Nesse caso, a constituição genética é mantida e a combinação híbrida, refeita anualmente. Essa última situação predomina no caso do milho híbrido, o que 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 demandado até atingir a homozigose completa. Para atenuar essas dificuldades, tem sido proposto o emprego de híbridos de linhagens não endogâmicas

(Souza Júnior, 2001), como, por exemplo, progênies S_3 ou até mesmo S_2 . Nesse caso, embora o ganho com a seleção de híbrido simples seja menor do que quando se utilizam linhagens, há as vantagens do menor tempo na obtenção do híbrido e o maior vigor das progênies S_2 ou S_3 .

No emprego desse tipo de híbrido, ainda existem alguns questionamentos. Um deles é sobre qual seria o número mínimo de plantas por progênie a ser utilizado no processo de hibridação visando a obtenção dos híbridos experimentais $S_2 \times S_2$ ou $S_3 \times S_3$. Considerando que normalmente se dispõe de grande número de famílias S_2 , esse número de indivíduos deve ser o menor possível, contudo, sem alterar as propriedades genéticas das progênies, para tornar as informações obtidas fidedignas e passíveis de serem repetidas no futuro. Nesse contexto, as informações existentes na literatura são escassas. Os únicos relatos envolvem a avaliação por meio de um testador "top-cross" (Carlone & Russell, 1989; Cabrera, 2001), em que o manuseio de um maior número de indivíduos por progênie é mais fácil.

Do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de identificar o número de plantas de famílias S_2 a ser utilizado na obtenção de híbridos $S_2 \times S_2$ de milho.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA, no município de Lavras, MG, cujo solo é classificado como latossolo vermelho distrófico, fase cerrado, situado na região sul do estado de Minas Gerais, a 910 metros de altitude, 21°14'S de latitude e 45°00'W de longitude, e na Fazenda Vitorinha, de propriedade da Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão (FAEPE), no município de Ijaci-MG, a 805 metros de altitude, 21°10'S de latitude e 44°55'W de longitude.

Foram utilizadas como populações de origem das famílias genitoras dos híbridos S_2 a geração S_0 do híbrido duplo AG 1043 e do híbrido triplo XL 345. O híbrido duplo AG-1043 apresenta ciclo normal (soma térmica de 925°C), porte alto de plantas, grãos semidentados e amarelos. Apresenta "stay green" pronunciado e bom empalhamento e é recomendado para plantios com o propósito de obtenção de grãos. O híbrido triplo XL 345 apresenta ciclo precoce (soma térmica de 830°C), porte médio da planta, grãos semiduros e alaranjados, com densidade de 840 gramas litro^{-1} , excelente "stay green" e boa sanidade de grãos, sendo recomendado em semeaduras com o propósito de obtenção de grãos e silagem.

As famílias S_2 foram obtidas pelo método de condução de populações segregantes, denominado "Bulk" dentro de famílias (Ramalho, Abreu e Santos, 2001). Assim procedendo, foram autofecundadas algumas plantas da geração S_0 das populações utilizadas (AG 1043 e XL 345), escolhidas por meio de seleção visual, que tiveram suas espigas colhidas separadamente, de modo que as sementes de cada planta autofecundada deram origem a uma família $S_{0,1}$. No ano seguinte, algumas plantas foram novamente autofecundadas, dentro de cada família $S_{0,1}$, e tiveram suas sementes colhidas em conjunto. Assim, o plantio em linhas separadas

de cada uma dessas misturas de sementes deu origem às famílias $S_{0,2}$.

Para a obtenção das combinações híbridas, as famílias S_2 foram semeadas em lotes separados, de acordo com sua população de origem (AG 1043 ou XL 345), cada qual em uma linha de 40 metros de comprimento, na densidade de plantio de cinco plantas por metro linear após o desbaste, com espaçamento de 0,9 metro entre linhas, na safra agrícola de 2000/2001.

Dessa forma, foram produzidas diversas combinações híbridas, e para cada uma dessas combinações híbridas foram realizados 45 cruzamentos planta a planta. Dessa forma, as sementes de cada um desses cruzamentos foram colhidas separadamente e identificadas quanto ao híbrido às quais se referiam. Aquelas combinações híbridas que possuíam número suficiente de sementes para que pudessem ser avaliadas, ou seja, pelo menos 40 sementes em cada uma das 45 espigas provenientes dos cruzamentos planta a planta, foram utilizadas na etapa seguinte.

As combinações híbridas selecionadas, segundo o critério acima descrito, tiveram as sementes dos cruzamentos, que haviam sido colhidas e mantidas separadas, misturadas em proporções iguais, de modo a dar origem aos quatro tamanhos de amostra. Ou seja, foram misturadas sementes provenientes de três cruzamentos, para constituir o tamanho de amostra referente ao cruzamento de três plantas. Da mesma forma, foram misturadas sementes de 6, 12 e 24 espigas, originando os tamanhos de amostra referentes ao cruzamento de 6, 12 e 24 plantas. Ao final do processo, foram produzidos 19 híbridos de famílias S_2 , que forneceram número de sementes suficiente.

Os experimentos de avaliação dos híbridos $S_{0,2} \times S_{0,2}$ foram conduzidos em blocos casualizados, segundo o esquema de parcelas subdivididas, com três repetições, na safra agrícola de 2001/2002. As

parcelas foram formadas pelas famílias e as subparcelas, pelos quatro diferentes tamanhos de amostra (3, 6, 12 e 24 plantas). Cada subparcela foi constituída por duas linhas de dois metros, com cinco plantas por metro linear após o desbaste, em que o espaçamento entre linhas foi de 0,9 metro. Nos experimentos, foram aplicados o equivalente a 400Kg ha⁻¹ da fórmula 8:28:16 + Zn de N, P₂O₅ e K₂O na adubação de semeadura e, em cobertura, foi aplicado o equivalente a 80 Kg ha⁻¹ de nitrogênio, parcelado em duas etapas. A fonte de nitrogênio utilizada foi o sulfato de amônio. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente recomendados para a cultura na região.

Foram avaliados os seguintes caracteres:

Altura média de planta e espiga: em metros, avaliada em dez plantas competitivas, amostradas ao acaso em cada subparcela. Em ambos os casos, a medição foi feita a partir da interface entre o solo e o caule da planta, após a ocorrência de 100% de florescimento masculino na parcela. No primeiro caso, a altura foi tomada até o nó de inserção da folha bandeira e no segundo, até o nó de inserção da espiga primária ou principal;

Diâmetro médio de planta: em centímetros, avaliado em dez plantas competitivas amostradas ao acaso de cada subparcela;

Diâmetro médio de espiga: em centímetros, avaliado na região mediana de dez espigas em cada subparcela;

Peso individual médio de espiga: em gramas, obtido pela pesagem individual de dez espigas primárias em cada subparcela;

Produtividade de espigas despalhadas: em quilogramas/subparcela, obtida pela pesagem do número total de espigas despalhadas colhidas em cada subparcela;

Produtividade de grãos: em quilogramas/subparcela, obtida pela pesagem da produção total de grãos em cada subparcela;

Comprimento médio de espigas: em centímetros, obtido pela medição do comprimento de dez espigas em cada subparcela;

Peso seco de 200 grãos: em gramas, obtido pela pesagem de uma amostra tomada ao acaso de 200 grãos, secados em estufa, pelo período de 48 horas, em cada subparcela;

Índice de prolificidade: em número de espigas por planta, obtido da relação entre o número de espigas colhidas e o estande final da subparcela.

Os dados referentes aos caracteres peso individual médio de espiga, produtividade de espigas despalhadas e produtividade de grãos foram corrigidos para a umidade padrão de 13%. Foram realizadas as análises individuais e a análise conjunta dos dados obtidos no dois locais de avaliação dos híbridos S₂ x S₂, segundo metodologia preconizada por Steel, Torrie e Dickey (1997).

O nível de significância estabelecido para os contrastes, no estudo dos efeitos das amostras dentro de cada híbrido S₂ x S₂, foi de P ≤ 0,05. Define-se por nível de significância a probabilidade de se cometer um erro do tipo I, ou seja, rejeitar uma hipótese nula verdadeira (Province, 2001). A hipótese de nulidade testada foi a não existência de diferença entre as médias dos quatro tamanhos de amostra, para cada um dos híbridos S₂ x S₂. Admitir a existência de uma diferença inexistente implicaria cometer o erro tipo I. Devido ao grande número de contrastes avaliados e considerando, ainda, o grande número de caracteres, a probabilidade de cometer um erro tipo I seria ainda maior. Para contornar esse problema, foi utilizada a correção de Bonferroni, como apresentado por Cabrera (2001), que consiste em determinar o valor do nível de significância individual (α_T) em função do nível de significância conjunto (α_E) e do número de testes simples realizados (M), dado por:

$$\alpha_T = \frac{\alpha_E}{M}, \text{ isto é}$$

$$T = e^{\frac{\ln 1}{M} E} \quad 1 \quad 2,718282 \quad e^{\frac{\ln 1}{M} E} \quad 1$$

Na avaliação dos híbridos, com $\alpha_E = 0,05$, foram feitos 190 testes (19 famílias x dez testes, para cada um dos dez caracteres avaliados) e o nível de significância individual adotado nos resultados dos efeitos das amostras dentro de cada híbrido $S_2 \times S_2$ foi $\alpha_T = 0,00026993$.

Para verificar se ocorre diferença nas estimativas dos parâmetros genéticos em função do tamanho da amostra, foram estimados: a variância genética entre híbridos (σ_p^2), a herdabilidade no sentido amplo, para seleção na média dos híbridos dentro de cada tamanho de amostra (h_a^2), pela metodologia apresentada por Vencovsky & Barriga (1992), o intervalo de confiança da herdabilidade, obtido pela expressão de Knapp, Stroup e Ross (1985) e o coeficiente de variação genética entre progênies dentro de cada tamanho de amostra (CV_G).

Resultados e Discussão

Um dos problemas na comparação de resultados em experimentos dessa natureza refere-se à simbologia adotada. Quando se utilizam famílias S_1 , não há maiores problemas, pois a descendência refere-se a uma planta S_0 autofecundada. Contudo, com relação à geração S_2 , já há dúvida. Isso porque pode-se ter efetuado a autofecundação de algumas das plantas da família S_1 e a mistura posterior de suas sementes, ou então tomado algumas poucas plantas para serem autofecundadas por família, com a descendência sendo mantida separada. No primeiro caso, tem-se o método denominado de "bulk" dentro de família, e a simbologia correta seria $S_{0,2}$; no segundo caso, tem-se o método genealógico, com as famílias identificadas por $S_{1:2}$ (Fehr, 1987; Ramalho, Abreu e Santos, 2001). Como, na literatura, em alguns casos não há essa especificação, torna-se difícil a comparação.

Os resumos das análises conjuntas dos dois locais são apresentados nas Tabelas 1 e 2. A precisão experimental pode ser considerada boa, tanto na avaliação do tratamento das parcelas (cruzamento) como das subparcelas (tamanho). A maior estimativa do CVa foi para a produtividade de grãos (18,6%). Constatou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) entre locais. Para todos os caracteres, o desempenho médio em Lavras foi superior ao observado em Ijaci.

Com relação ao comportamento das combinações híbridas, cruzamentos, também foi constatada diferença significativa ($P \leq 0,01$) para todos os caracteres (Tabelas 1 e 2). Esse resultado é reforçado quando se observa a média dos cruzamentos nos dois locais (Tabela 3). Nota-se, por exemplo, que o caráter produtividade de grãos variou, em média, entre 3,33 kg parcela⁻¹, para o híbrido mais produtivo, e 2,11 Kg parcela⁻¹, para o menos produtivo, ou seja, as combinações híbridas 9 e 17, respectivamente, o que corresponde a uma variação de 43,1% em relação à média geral do caráter.

A interação cruzamentos e locais só foi significativa quando se consideraram os caracteres altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e produtividade de grãos. Nesses casos, os comportamentos dos híbridos não foram coincidentes nos dois locais. É oportuno enfatizar que, muito embora, em alguns casos, a interação tamanho de amostras e locais fosse significativa, como foi o caso dos caracteres produtividade de espigas despalhadas, produtividade de grãos, peso seco de 200 grãos e índice de prolificidade (Tabelas 1 e 2), os resultados da decomposição do efeito do tamanho da amostra por combinação híbrida, em cada local, foram bem semelhantes ao relatado na análise conjunta.

Com relação ao efeito do tamanho da amostra, verificou-se que, para todos os caracteres, essa fonte de variação não foi significativa (Tabelas 1 e 2). Esse resultado evidencia que, independentemente do

TABELA 1. Resumo das análises de variância originárias da avaliação dos híbridos S₂ x S₂ obtidos por meio de diferentes tamanhos amostrais, para os caracteres altura de plantas (AP) e altura de inserção da primeira espiga (AE), em metros, diâmetro de plantas (DP), comprimento de espigas (CE) e diâmetro de espigas (DE) em centímetros. Lavras e Ijaci, 2001/2002.

FV	GL	QM				
		AP	AE	DP	CE	DE
Repetições/Locais	4	0,0839 [*]	0,0334 [*]	0,0625	0,8195	0,1530
Entre Locais (L)	1	12,7217 ^{**}	5,7974 ^{**}	9,9356 ^{**}	73,2323 ^{**}	2,4289 ^{**}
Entre Híbrido (H)	18	1,1552 ^{**}	0,4203 ^{**}	0,2989 ^{**}	23,4399 ^{**}	1,2467 ^{**}
H x L	18	0,0629 ^{**}	0,0362 ^{**}	0,0535	0,9313	0,1171
Erro a	72	0,0129	0,0095	0,0410	0,7571	0,1211
Entre Tam. (T)	3	0,0059	0,0002	0,0845	0,4909	0,0118
T x L	3	0,0277	0,0147	0,0054	1,3462	0,0579
H x T	54	0,0141	0,0137 ^{**}	0,0284	0,7916	0,1085
H x T x L	54	0,0103	0,0074	0,0269	0,8340	0,1204
T / H 1	3	0,0059	0,0002	0,0845	0,4909	0,0118
T / H 2	3	0,0277	0,0147	0,0054	1,3462	0,0579
T / H 3	3	0,0248	0,0178	0,0138	0,0379	0,0078
T / H 4	3	0,0085	0,0105	0,0099	0,0635	0,0091
T / H 5	3	0,0077	0,0029	0,0078	0,8367	0,0227
T / H 6	3	0,0241	0,0268	0,0162	0,3419	0,2684
T / H 7	3	0,0357	0,0182	0,0161	0,6145	0,0232
T / H 8	3	0,0188	0,0115	0,0026	0,1176	0,0104
T / H 9	3	0,0066	0,0019	0,0077	0,3194	0,0320
T / H 10	3	0,0212	0,0084	0,0015	0,4495	0,0192
T / H 11	3	0,0113	0,0207	0,0093	0,3345	0,0685
T / H 12	3	0,0259	0,0216	0,1683	0,3761	0,0055
T / H 13	3	0,0114	0,0532	0,0023	1,8443	0,0083
T / H 14	3	0,0214	0,0062	0,0190	1,0089	0,0448
T / H 15	3	0,0034	0,0038	0,0139	0,5964	0,0181
T / H 16	3	0,0085	0,0103	0,0179	0,1669	0,0101
T / H 17	3	0,0067	0,0006	0,0116	1,3364	0,0414
T / H 18	3	0,0027	0,0036	0,0082	0,8103	0,8449 ^{***}
T / H 19	3	0,0017	0,0004	0,0672	0,4936	0,5115
Erro b	228	0,0140	0,0085	0,0445	0,7267	0,1023
Média		2,06	1,13	1,87	17,14	4,61
CVa (%)		5,53	8,61	10,81	5,08	7,55
CVb (%)		5,76	8,15	11,26	4,97	6,94

* - significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

** - significativo pelo teste de F a 1% de probabilidade.

*** - significativo pelo teste de F a 0,027% de probabilidade.

TABELA 2. Resumo das análises de variância originárias da avaliação dos híbridos S₂ x S₂ obtidos por meio de diferentes tamanhos amostrais, para os caracteres produtividade de espigas despalhadas (PE) e produtividade de grãos (PG) em Kg/subparcela, peso individual de espigas (PI) em quilogramas, peso seco de duzentos grãos (PS) em gramas e índice de prolificidade (PR) em número de espigas/planta. Lavras e Ijaci, 2001/2002.

FV	GL	QM				
		PE	PG	PI	PS	PR
Repetições/Locais	4	0,1622	0,2238	0,0003	37,8296	0,0378
Entre Locais (L)	1	74,6553**	40,3577**	0,0189**	4616,9802**	0,8262**
Entre Híbridos (H)	18	7,7039**	5,1125**	0,0207**	865,3455**	0,1421**
H x L	18	0,6145	0,5803*	0,0005	34,1275	0,0634
Erro a	72	0,4234	0,2785	0,0007	24,6557	0,0320
Entre Tam. (T)	3	0,1097	0,0386	0,0000	10,6927	0,0218
T x L	3	0,4815*	0,3605*	0,0008	44,6375*	0,1072**
H x T	54	0,1720	0,1148	0,0003	22,4837*	0,0220
H x T x L	54	0,1498	0,1762	0,0005	16,7787	0,0273
T / H 1	3	1,0507	0,2768	0,0003	11,3632	0,0368
T / H 2	3	0,0328	0,0093	0,0002	63,4894	0,0153
T / H 3	3	0,1536	0,1457	0,0000	19,6301	0,0171
T / H 4	3	0,1063	0,0659	0,0001	36,7981	0,0052
T / H 5	3	0,0013	0,0514	0,0001	28,4833	0,0084
T / H 6	3	0,3383	0,2358	0,0002	9,2354	0,0430
T / H 7	3	0,1045	0,1036	0,0011	57,5238	0,0291
T / H 8	3	0,1178	0,0684	0,0002	0,5648	0,0181
T / H 9	3	0,0286	0,0420	0,0005	55,2391	0,0076
T / H 10	3	0,1740	0,2102	0,0006	5,8691	0,0249
T / H 11	3	0,2761	0,2067	0,0005	29,0761	0,0061
T / H 12	3	0,0719	0,0794	0,0002	14,2870	0,0284
T / H 13	3	0,0143	0,0214	0,0001	16,9758	0,0059
T / H 14	3	0,1045	0,0623	0,0006	3,6296	0,0993
T / H 15	3	0,1001	0,0495	0,0001	31,2667	0,0026
T / H 16	3	0,1451	0,1289	0,0000	3,1164	0,0291
T / H 17	3	0,1134	0,0618	0,0003	2,1441	0,0129
T / H 18	3	0,2316	0,2605	0,0006	5,5335	0,0150
T / H 19	3	0,0403	0,0253	0,0004	21,1744	0,0131
Erro b	228	0,1728	0,1197	0,0003	14,4783	0,0196
Média		3,56	2,83	0,18	59,22	1,00
CVa (%)		18,25	18,65	14,84	8,39	17,83
CVb (%)		11,66	12,23	10,13	6,43	13,94

* - significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

** - significativo pelo teste de F a 1% de probabilidade.

*** - significativo pelo teste de F a 0,027% de probabilidade.

cruzamento e do local, os diferentes tamanhos das amostras utilizados na obtenção dos híbridos apresentam o mesmo comportamento. Essa observação pode ser comprovada também por meio dos resultados médios apresentados nas Tabela 3. Observe-se que, para produtividade de grãos, a média foi praticamente a mesma quando se consideraram combinações híbridas obtidas a partir de 3, 6, 12 ou 24 plantas. Embora não estejam apresentados, os resultados foram muito semelhantes para os demais caracteres.

O importante é verificar se o efeito do tamanho da amostra independe do cruzamento, isto é, se não há interação cruzamento e tamanho da amostra. Essa interação só foi significativa para dois dos dez caracteres avaliados, ou seja, peso seco de

200 grãos e altura de inserção da primeira espiga. Mesmo naqueles casos em que a interação não foi significativa, procurou-se decompor o efeito do tamanho da amostra para cada combinação híbrida. Constatou-se, como já esperado, que o efeito do tamanho da amostra não foi significativo ($F \leq 0,00027$, com a correção de Bonferroni) em nenhuma das situações consideradas, exceto para o diâmetro de espigas, quando se considerou o híbrido 18, reforçando a observação anterior de que o número de plantas utilizado na obtenção da combinação híbrida não teve reflexo no seu desempenho.

Considerando que, na avaliação de combinações híbridas, os melhoristas possam estar interessados em estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, é importante verificar, também nesse

TABELA 3. Resultados médios dos híbridos $S_2 \times S_2$ nos diferentes números de plantas/amostra para o caráter produtividade de grãos em kg/subparcela. Lavras e Ijaci, 2001/2002.

Híbrido	Tamanho de amostra								Média
	3 plantas		6 plantas		12 plantas		24 plantas		
	Lavras	Ijaci	Lavras	Ijaci	Lavras	Ijaci	Lavras	Ijaci	
1	4,19	2,86	3,92	2,72	3,91	2,84	3,38	2,65	3,31
2	3,02	1,80	2,88	2,03	2,77	1,97	2,55	2,18	2,40
3	2,97	2,91	3,24	2,97	3,28	2,33	3,12	2,40	2,90
4	3,58	3,04	2,92	3,29	3,23	2,97	3,32	3,17	3,19
5	2,41	1,84	2,23	2,11	2,12	1,89	2,54	1,90	2,13
6	2,72	2,12	2,45	1,79	2,24	1,79	2,56	2,18	2,23
7	3,05	2,88	3,47	2,98	3,74	2,41	3,62	2,87	3,13
8	3,22	2,93	3,84	2,81	3,54	2,81	3,56	2,71	3,18
9	3,99	2,70	3,73	3,04	4,03	2,39	3,79	2,99	3,33
10	3,72	2,40	3,16	2,94	3,75	3,04	3,77	2,96	2,85
11	3,56	3,04	3,37	2,62	3,60	2,58	3,80	2,99	3,20
12	4,05	2,56	3,82	2,33	3,89	2,68	3,33	2,93	3,20
13	2,49	2,22	2,57	2,07	2,67	2,05	2,36	2,10	2,32
14	3,27	3,05	3,46	2,50	2,96	2,91	3,39	2,53	3,01
15	3,51	3,02	3,39	2,94	3,64	2,68	3,45	3,26	3,24
16	2,91	2,97	3,28	2,71	3,23	3,14	2,58	3,09	2,99
17	2,08	2,00	2,09	1,97	2,43	1,78	2,37	2,12	2,11
18	2,36	2,32	2,61	2,25	3,05	2,28	2,91	2,68	2,56
19	2,41	1,82	2,42	2,04	2,54	1,81	2,33	1,83	2,15

caso, se o tamanho da amostra afeta essas estimativas. Tomando novamente como referência a produtividade de grãos, é oportuno salientar que, mesmo sendo avaliados em pequeno número de combinações híbridas, os resultados apresentados na Tabela 4 mostram, novamente, que o número de plantas utilizado na obtenção das combinações híbridas praticamente não afetou as estimativas obtidas. Nota-se que as estimativas de herdabilidade (h^2_a) foram altas para a maioria dos caracteres avaliados, o que denota ampla variação entre as combinações híbridas. Como já ocorrera no caso da manutenção das famílias, o tamanho da amostra mostrou ter pequeno efeito nas estimativas. Veja que, para o caráter produtividade de grãos, as estimativas de h^2_a variaram de 87,5% a 88,9%, ou seja, as estimativas foram praticamente as mesmas, independentemente do número de plantas envolvido na obtenção da combinação híbrida. Também não se constatou maior

intervalo de confiança, ou seja, maior erro nas estimativas, quando se utilizou menor número de plantas.

Em ambos os locais de avaliação, não se constataram, na maioria dos caracteres e para os híbridos avaliados, diferenças no tamanho de amostra, indicando que, na obtenção das combinações híbridas, pode-se utilizar até três plantas por família, sem comprometer a representatividade dos indivíduos que compõem as famílias. Esse resultado é muito importante, pois permite ao melhorista obter maior número de combinações híbridas para a avaliação, sem realizar um número excessivo de hibridações.

Nas plantas de uma família $S_{0,2}$, é esperado, em média, que 75% dos locos que estavam segregando estejam em homozigose. Nessa situação, espera-se que cada indivíduo da família possua, em média, 75% dos locos em homozigose, devido ao grande número de locos envolvidos. Desse modo, é

TABELA 4. Estimativas de parâmetros genéticos entre híbridos $S_2 \times S_2$ quando se utilizam diferentes tamanhos amostrais, representados pelo quadrado médio de Híbrido ($QM_{\text{Híbrido}}$), variância genética (σ^2_p), herdabilidade no sentido amplo (h^2_a), limite inferior (LI) e superior (LS) da herdabilidade e coeficiente de variação genética (CV_G).

Caráter	Parâmetro	3 plantas	6 plantas	12 plantas	24 plantas
Altura de Espiga	$QM_{\text{Híbridos}}$	0,1125	0,1316	0,1157	0,1015
	σ^2_p	0,0173	0,0205	0,0178	0,0155
	h^2_a (%)	92,05	93,39	92,48	91,43
	LI h^2_a (%)	82,86	85,35	83,34	81,01
	LS h^2_a (%)	95,69	96,32	95,81	95,23
	CV_G (%)	11,70	7,70	7,07	6,56
Peso individual de espigas	$QM_{\text{Híbridos}}$	0,0052	0,0057	0,0051	0,0057
	σ^2_p	0,0008	0,0009	0,0008	0,0009
	h^2_a (%)	91,38	92,22	91,31	92,09
	LI h^2_a (%)	80,86	82,73	80,70	82,44
	LS h^2_a (%)	95,22	95,69	95,18	95,62
	CV_G (%)	15,37	16,39	15,46	16,30
Produtividade de grãos	$QM_{\text{Híbridos}}$	1,4409	1,3052	1,4347	1,2760
	σ^2_p	0,2136	0,1910	0,2125	0,1861
	h^2_a (%)	88,94	87,78	88,89	87,50
	LI h^2_a (%)	75,43	72,87	75,32	72,25
	LS h^2_a (%)	93,88	93,24	93,85	93,08
	CV_G (%)	16,34	15,61	16,45	15,21

esperado que um pequeno número de indivíduos, como foi constatado neste trabalho, venha a representar uma família S_2 .

Com relação ao número de indivíduos amostrado durante a obtenção de híbridos S_2 , não foi encontrado relato na literatura. Carlone & Russell (1989) avaliaram “top-crosses” de famílias S_2 mantidas a partir de 10 ou 20 indivíduos e concluíram que o tamanho de amostra teve pequeno efeito na capacidade de combinação das famílias S_2 .

Outro aspecto que deve ser mencionado é que, durante a etapa de avaliação das famílias *per se* ou em combinações híbridas, os experimentos possuem 20 plantas/parcela, como o realizado por Carlone & Russell (1988), Carlone & Russell (1989) e Cabrera (2001), e, no máximo, com cinco repetições, ou seja, 100 plantas/família no total. Fica fácil entender que, se forem obtidas espigas de um grande número de plantas, por exemplo, 75 como sugere Cabrera (2001), cada uma com, no mínimo, 200 sementes/espiga, ocorrerá uma população de 15000 sementes, das quais serão retiradas no máximo 100 para representar a família. Se o problema de amostragem não foi expressivo antes, devido ao maior número de plantas, na hora da avaliação, que é o interesse principal, a deficiência amostral poderá ser até mais prejudicial do que quando se utiliza menor número de indivíduos.

Conclusões

Na obtenção de híbridos $S_{0,2} \times S_{0,2}$, o número de indivíduos envolvidos nos cruzamentos pode ser de no mínimo três. Contudo, para garantir um maior número de sementes para avaliações, esse número deve ser um pouco maior.

Literatura Citada

CABRERA, A. C. **Uso de linhagens parcialmente endogâmicas S_3 para a produção de híbridos simples de milho.** 2001. 123p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARLONE, M. R.; RUSSELL, W. A. Evaluation of S_2 maize lines reproduced for several generations by random mating within lines. I. Comparisons between the original and maintained S_2 lines. **Crop Science**, Madison, v.28, n.6, p.916-920, Nov./Dez. 1988.

CARLONE, M. R.; RUSSELL, W. A. Evaluation of S_2 maize lines reproduced for several generations by random mating within lines. II. Comparisons for testcross performance of original and advanced S_2 and S_8 Lines. **Crop Science**, Madison, v.29, n.4, p.899-904, July/Aug. 1989.

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

KNAPP, S.J.; STROUP, W.W.; ROSS, W.M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v.25, n.1, p.192-194, Jan./Feb. 1985.

RAMALHO, M. A.P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. dos. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.201-230.**

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

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** New York: McGraw-Hill Book, 1997. 666 p.

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