

**AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIOS IRMÃOS NUMA  
POPULAÇÃO DE INTERCRUZAMENTO DE SORGO  
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**

**WALTER LUIZ TREVISAN**

**Orientador : ERNESTO PATERNIANI**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura  
"Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo,  
para obtenção do título de Mestre em Genética e  
Melhoramento de Plantas.

**PIRACICABA**  
Estado de São Paulo - Brasil  
Outubro - 1976

DEDICO,

À minha esposa e filha:

À minha mãe e irmão;

às memórias de meu pai e minhas irmãs.

## AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos,

- Ao Prof. Dr. *Ernesto Paterniani* pela decisiva orientação na realização desse trabalho e, pelas facilidades concedidas como chefe e Diretor do Departamento e Instituto de Genética;
- Ao Prof. Dr. *Roland Vencovsky* pelas oportunas sugestões e críticas, principalmente no aspecto estatístico da presente dissertação;
- Ao Prof. Dr. *Almiro Blumenschein*, pelas facilidades concedidas quando chefe e Diretor do Departamento e Instituto de Genética e mais tarde, como Diretor da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA);
- Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> *Ricardo Magnavacca*, Chefe do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo pelas facilidades e incentivos concedidos principalmente na elaboração final dessa dissertação;
- Aos docentes do Departamento e Instituto de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelos estímulos exemplos e ensinamentos;
- Ao Dr. *Robert E. Schaffert*, melhorista de sorgo do C.N.P. de Milho e Sorgo, pela colaboração durante toda a realização do trabalho;
- Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> *Isaias O. Geraldi* pelas sugestões e discussões

principalmente com referência às análises estatísticas realizadas;

- Ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> *Magno P. Romalho*, pelas valiosas sugestões sôbre vários aspectos do trabalho.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIPOZ"

no ano de seu 75º ANIVERSÁRIO de fundação, nas pessoas de seus Diretores, Professores e Funcionários, pelos ensinamentos obtidos a nível de graduação e pós-graduação.

## ÍNDICE

	página
1. RESUMO .....	01
2. INTRODUÇÃO .....	04
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	11
4. MATERIAL .....	16
5. MÉTODOS .....	19
5.1. Condução dos Experimentos .....	19
5.2. Análise dos Experimentos e Estimativas de Parâmetros Genéticos .....	22
5.2.1. Análise dos Experimentos .....	22
5.2.2. Estimativas de Parâmetros Genéticos Para Produ- ção .....	23
5.2.3. Estimativas de Parâmetros Genéticos Para Perí- do Para Florescimento .....	29
6. RESULTADOS .....	32
7. DISCUSSÃO .....	40
7.1. Considerações Gerais .....	40
7.2. Problemas Relativos a Avaliação de Progênes .....	41
7.3. Seleção entre Progênes e Progressos Esperados .....	46
7.4. Alternativas para a Seleção Entre e Dentro de Famílias de Meios-Irmãos .....	50
8. CONCLUSÕES .....	54
9. SUMMARY .....	56
10. LITERATURA CITADA .....	58
APÊNDICE .....	63

## INDICE DE TABELAS

página

Tabela 1.	Materiais genéticos que entraram na síntese das populações PP2B e PP6B que deram origem à população BRP4B, bem como suas procedências .....	18
Tabela 2.	Esperanças matemáticas dos quadrados médios de produção corrigida para "stand", obtidas da análise conjunta da covariância entre "stand" e produção, segundo blocos ao acaso .....	24
Tabela 3.	Esperanças matemáticas dos quadrados médios de produção sem correção para "stand", obtidos da análise conjunta dos experimentos de produção realizados, segundo blocos ao acaso .....	25
Tabela 4.	Esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise conjunta dos experimentos de produção corrigidos para "stand" e essas mesmas esperanças para análise conjunta dos experimentos de produção sem correção para "stand", ao nível de indivíduos.....	27
Tabela 5.	Análise da variância do "stand" transformado para raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) dos experimentos 1, 2 e 3, cada um envolvendo 25 progênies de meios irmãos da população BRP 4B. Blocos ao acaso com três repetições, realizadas em Sete Lagoas (MG), no ano agrícola de 1974/75. ..	64

Tabela 6. Análise da variância dos dados de período para florescimento, em dias, dos experimentos 1, 2 e 3, cada um envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso com três repetições, realizados em Sete Lagoas (MG), no ano agrícola de 1974/75 .....	65
Tabela 7. Análise da variância da produção de panículas sem correção para "stand", em kg/6 m <sup>2</sup> , dos experimentos 1, 2 e 3, cada um envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso com três repetições, realizados em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75 .....	66
Tabela 8. Análise da variância da produção de grãos sem correção para "stand", em kg/6 m <sup>2</sup> , dos experimentos 1, 2 e 3, cada um envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso com três repetições, realizados em Sete Lagoas (MG), no ano agrícola de 1974/75. ....	67
Tabela 9. Análise de covariância entre produção de panículas (Y) e "stand" (X) do experimento 1, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de produção em kg/6 m <sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) ..	68



- Tabela 10. Análise de covariância entre produção de panículas (Y) e "stand" (X) do experimento 2, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) .... 69
- Tabela 11. Análise de covariância entre produção de panículas (Y) e "stand" (X) do experimento 3, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ). ... 70
- Tabela 12. Análise de covariância entre produção de grãos (Y) e "stand" (X), do experimento 1, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ )..... 71
- Tabela 13. Análise de covariância entre produção de grãos (Y) e "stand" (X), do experimento 2, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) ..... 72
- Tabela 14. Análise de covariância entre produção de grãos (Y) e "stand" (X), do experimento 3, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de

produção em kg/6 m <sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) .....	73
Tabela 15. Médias de produção de panículas e produção de grãos (kg/ha), "stand" (número de plantas) e dias para 50% de florescimento, com as respectivas amplitudes de variações e coeficientes de variação genética, apresentadas pelas progênies da população BRP4B e pelas testemunhas (híbridos Contibrasil 2105 e Asgrow-Dourado M), testadas no ano agrícola de 1974/75, em Sete Lagoas (MG) .....	74
Tabela 16. Análises conjuntas da variância dos dados de "stand" transformados para raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) e, dos dados de período para florescimento em dias, obtidos nos tres experimentos envolvendo 75 progênies da população BRP4B, realizados em Sete Lagoas (MG), no ano agrícola de 1974/75 .....	75
Tabela 17. Análises conjuntas da variância dos dados de produção de panículas e de produção de grãos, sem correção para "stand", em kg/6 m <sup>2</sup> , obtidos nos três experimentos, envolvendo 75 progênies da população BRP4B, no ano agrícola de 1974/75 .....	75
Tabela 18. Análise conjunta da covariância entre produção de	

- panículas (Y) e "stand" (X) de três experimentos , em blocos ao acaso, com três repetições, envolvendo 75 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Da dos de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) . 76
- Tabela 19. Análise conjunta da covariância entre produção de grãos (Y) e "stand" (X) de três experimentos, em blocos ao acaso, com três repetições, envolvendo 75 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) .... 77
- Tabela 20. Valores de correlações entre "stand" e produção com os respectivos testes  $t$ , obtidos das análises de covariância simples entre "stand" e produção. .... 78
- Tabela 21. Estimativas das variâncias devidas a produção de progênies de meios-irmãos ( $\hat{\sigma}_{p(mi)}^2$ ) e da porção de variância devida a covariância de produção com "stand" ( $\beta^2 \hat{\sigma}_s^2$ ) em kg/6 m<sup>2</sup> e, em porcentagem da variância de tratamentos total, para a produção de panículas e produção de grãos. .... 78
- Tabela 22. Progresso esperado na seleção entre progênies de meios-irmãos envolvendo diferenças de produção devidas à produção em si e, associadas ao efeito de

"stand", em kg/ha e, em porcentagem da média de pro  
dução da população, para a produção de panículas e  
produção de grãos, supondo-se que os dois efeitos te  
nam herdabilidades semelhantes ..... 79

Tabela 23. Produções médias de panículas e grãos das populações  
BRP4B original e BRP4B selecionada, sem correção dos  
tratamentos para "stand" e a produção média de paní  
culas e de grãos da população BRP4B se esta fosse  
selecionada pelas produções das progênes corrigidas  
para "stand" através da análise de covariância en  
tre produção e "stand". Dados em quilos por hecta  
re e em porcentagem em relação a produção média da  
população BRP4B original e em relação à média de pro  
dução das testemunhas ..... 80

Tabela 24. Estimativas da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) e da  
variância entre progênes de meios-irmãos ( $\hat{\sigma}_{mi}^2$ ) ao  
nível de parcelas e ao nível de indivíduos, do coe  
ficiente de variação genética (C.V.G.) e do ganho  
esperado através de seleção entre progênes de meios  
-irmãos, para a característica período para flores  
cimento. .... 81

## 1. RESUMO

A população de inter cruzamento de sorgo BRP4 B, de ampla variabilidade genética, foi o objeto do presente trabalho. Essa população foi sintetizada no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), a partir de duas populações da Universidade de Purdue (USA): PP2B e PP6B.

Foram avaliadas progênies de meios irmãos da população BRP4B, objetivando estimar alguns parâmetros genéticos da população e a possibilidade de adaptação do método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, normalmente utilizado para milho, no melhoramento de sorgo. Características como: produção de panículas, produção de grãos, período para florescimento e "stand", foram avaliadas nesse estudo.

As 75 progênies de meios irmãos utilizadas foram avaliadas em três ensaios, tipo lâtilce 5 x 5 com três repetições. Dois híbridos comerciais, Contibrasil 2.105 e Asgrow-Dourado M foram utilizados como tes-

temunhas intercalares. As parcelas eram constituídas de 3 fileiras de 8 metros, espaçadas de 0,75 m. A parcela útil era constituída pela fileira central que deveria apresentar um "stand" ideal de 48 plantas.

A precisão experimental foi alta para a característica período para florescimento, com coeficiente de variação inferior a 4%, mas foi baixa para as características produção de panículas e produção de grãos, variando de 22,9% a 30,7%, provocada, provavelmente pela grande variação de "stand" ocorrida nos ensaios.

Os altos coeficientes de variação genética estimados para as características produção de panículas e produção de grãos, cerca de 20%, demonstram a grande variabilidade existente na população BRP4B para estas características. Entretanto cerca de 88% dessas variações genéticas foram devidas ao efeito do "stand" sobre a produção, relacionada com a maior ou menor tolerância a seca das progênies testadas. Para a característica período para florescimento existe pouca variabilidade na população, evidenciada por um baixo coeficiente de variação genética, de cerca de 3%.

A população BRP4B embora se encontre no primeiro ciclo de seleção após a sua síntese, já apresenta uma produtividade de panículas e grãos muito boa, respectivamente, 90,8% e 87,7% da produção de panículas e grãos dos híbridos comerciais utilizados como testemunhas.

Os progressos esperados na seleção entre progênies de meios irmãos para as características produção de panículas, produção de grãos e período para florescimento, respectivamente 19,9%, 20,3% e 2,5% demonstram que existe amplas possibilidades de seleção para essas característi-

cas na população BRP4B. Os progressos esperados na seleção para a produção de panículas e grãos poderão não ser reais num ano que apresente condições climáticas altamente favoráveis mas, em anos de baixa precipitação se farão sentir devido a seleção para maior tolerância a seca, indiretamente realizada.

Adaptações e procedimentos são sugeridos no método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos visando torná-lo mais eficiente no melhoramento de populações de intercruzamento de sorgo.

## 2. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pertence ao gênero *Sorghum* e, à família Gramineae. Possui flôres hermafroditas onde, em geral não ocorre auto-incompatibilidade. É predominantemente planta autógama, embora ALLARD (1971) cite variedades que apresentam até 10% de cruzamento. A inflorescência é do tipo panícula com pedúnculo geralmente ereto.

O Centro de Origem do sorgo não está perfeitamente estabelecido, uma vez que, essa espécie ocorre na África, Ásia e Austrália. Entretanto, a maior diversidade de tipos de sorgo, é encontrada no centro-oeste da África, indicando que, provavelmente, essa região seja o Centro de Origem (MARTIN, 1959).

A domesticação do sorgo aparentemente iniciou-se à cerca de 5.000 anos (QUINBY, 1968). Desde então, muitas linhagens, que representam grande diversidade genética, vem sendo obtidas. Essas seleções, realizadas por nativos, ao longo dos séculos, resultou numa planta de ra-



zoável produção, porém de porte alto (3 a 5 metros) e muito tardia (100 a 130 dias para florescimento). Esse foi o tipo de planta que predominou nas introduções realizadas nos Estados Unidos da América, em fins do século passado e início do atual. De acordo com *SCHERTZ (1968)*, essa cultura estabeleceu-se em regiões de baixa precipitação pluviométrica desse país mas, tinha o inconveniente de requerer colheita manual, o que limitou bastante sua expansão.

Como o sorgo apresenta uma certa quantidade de cruzamento, a seleção de plantas provenientes desses cruzamentos e mutantes espontâneos que apareciam dentro de linhagens relativamente uniformes, constituiu-se no primeiro método de melhoramento utilizado no princípio do século. Esse tipo de melhoramento foi o responsável pela grande mudança no tipo de planta, transformando o sorgo que era alto e tardio, quando foi introduzido, em baixo (0,90 a 1,50 metros) e precoce (50 a 70 dias para florescimento), (*DOGGETT, 1970*).

Com a evolução dos conhecimentos de genética e de outras ciências correlatas, novos métodos foram empregados no melhoramento de plantas autógamas. Desses, o método genealógico tornou-se o mais aceito pelos melhoristas das mais diversas culturas e, atualmente ainda é aplicado com relativo sucesso (*ALLARD, 1971*). Segundo *GARDNER (1972)* esse método apresenta a desvantagem de envolver um pequeno número de linhagens e, além disso, conduz a uma rápida fixação de genes em linhagens homozigotas, através de sucessivas autofecundações. Como essa fixação é atingida em poucas gerações, as possibilidades de ocorrerem recombinações desejáveis entre genes, são muito limitadas.

Entretanto, os melhoristas não conseguiram aumentar a capacidade produtiva do sorgo, até que a descoberta da macho esterilidade citoplasmática possibilitasse a utilização comercial do método do sorgo híbrido. *MARTIN (1959)* relata dados de híbridos  $F_1$  de sorgo, com produções 40% superiores aos pais mais produtivos.

*DOGGETT (1972)* afirma que o método do sorgo híbrido foi eficiente no início, possibilitando o desenvolvimento de bons híbridos com as linhagens já existentes. Entretanto, o progresso subsequente na obtenção de híbridos mais produtivos tem sido muito lento, aparentemente por ineficiência dos métodos utilizados na síntese de novas linhagens. Outro fator que contribuiu para o relativo pequeno progresso na obtenção de melhores híbridos foi a estreita base genética utilizada no desenvolvimento de linhagens. Pequeno número de introduções eram utilizadas na síntese de novas linhagens (*DALTON, 1970*).

Reconhecendo a necessidade de se contar com maior diversidade genética nos trabalhos de melhoramento, foi organizada na Índia, a Coleção Mundial de Germoplasma de Sorgo. Essa coleção reúne atualmente cerca de nove mil cultivares coletados, principalmente, na África e Ásia. Uma vez que o emprego desses materiais de imediato, não é viável, os melhoristas passaram a pensar em novas possibilidades de melhor explorar a grande variabilidade genética existente.

Assim é que, a partir de 1960, começaram a surgir idéias de utilização da esterilidade masculina para fornecer ao sorgo um mecanismo de intercruzamento, transformando uma planta normalmente autógama, em alógama. Esse mecanismo tornaria exequível a síntese de população de am-

pla variabilidade, possibilitando a utilização de grande número de entradas da Coleção Mundial de Germoplasma. Permitiria, também, a utilização de métodos inter-populacionais e intrapopulacionais desenvolvidos para culturas alógamas, principalmente aqueles usados com sucesso no melhoramento do milho.

As primeiras populações de cruzamento ao acaso em sorgo, foram sintetizadas utilizando o sistema genético-citoplasmático de esterilidade masculina (ROSS *et alii*, 1971). Entretanto, esse sistema apresenta a desvantagem de que todas as plantas férteis da população eram restauradoras da fertilidade (R) e, linhagens não restauradoras (B) não seriam desenvolvidas, ou demandariam trabalhos adicionais de melhoramento para serem obtidas. A macho esterilidade é mais versátil, podendo ser utilizadas tanto em populações B como em populações R. Segundo DOGGETT (1972) as primeiras populações que utilizaram o sistema genético de esterilidade masculina foram sintetizadas por Jouvett e Doggett em 1963, em Uganda.

De acordo com ROSS *et alii* (1971), existem inúmeros genes recessivos que, provocam esterilidade masculina em sorgo. Os genes *ms* em número de sete (*ms*<sub>1</sub> a *ms*<sub>7</sub>) são os mais importantes. Desses, o mais utilizado é o *ms*<sub>3</sub>, pela facilidade de identificação na antese e, pela estabilidade que apresenta. A maioria das populações recentemente desenvolvidas utiliza o gene *ms*<sub>3</sub>.

DOGGETT (1968), DOGGETT e EBERHART (1968) e ROSS (1973) discutem a síntese e a manutenção de populações de cruzamento ao acaso em sorgo. As linhagens escolhidas para entrarem na síntese de populações são

cruzadas com plantas macho-estéreis ( $ms_3$ ) de uma linhagem ou população. Plantas macho-estéreis segregantes nas linhas  $F_2$  são retrocruzadas com a linhagem original, durante dois ou três ciclos. Se o número de linhagens é grande, esse método tem a desvantagem de necessitar um número excessivo de cruzamentos manuais. Nesses casos, geralmente, é mais interessante formar a nova população por mistura de iguais quantidades de sementes das linhagens segregantes para macho-esterilidade. A manutenção da população é realizada com plantios em lotes isolados, identificando-se na antese, as plantas macho-estéreis.

Segundo *GARDNER (1972)*, os métodos normalmente utilizados para o melhoramento de populações de milho, podem ser usados, com algumas modificações, no melhoramento do sorgo. São citados os métodos de seleção massal, seleção entre progênies de meios irmãos, seleção entre progênies de irmãos germanos e seleção entre progênies  $S_1$ , como os métodos intrapopulacionais que podem ser usados na condução da seleção em populações de ampla variabilidade de sorgo.

Dentre os métodos intrapopulacionais sugeridos, a seleção entre progênies de meios irmãos tem sido um dos mais utilizados no melhoramento do milho, desde que foram introduzidas modificações visando torná-lo mais eficiente. O método em questão já possibilitou a obtenção de variedades melhoradas de ótimo potencial de produção e, que estão sendo largamente utilizadas pelos agricultores que plantam milho.

No Brasil, a cultura do sorgo tem apresentado, a partir do início desta década, um incremento razoável na área plantada e na produção. O desenvolvimento dessa cultura no país tem sido realizado através

da utilização de sementes híbridas importadas dos países de clima temperado, principalmente, Estados Unidos da América e Argentina. Esses híbridos tem apresentado boas produções, em anos propícios mas, em outros, tem ocorrido sensíveis reduções no nível de produtividade. Essas reduções são causadas por problemas fitossanitários e, também, por variações climáticas muito comuns em algumas condições ecológicas brasileiras. Há necessidade de materiais genéticos adaptados à região dos cerrados, à região semi-árida do Nordeste e às regiões de alta pluviosidade na época da colheita, principalmente, Rio Grande do Sul (*TREVISAN et alii*, 1975). A procura de genótipos adaptados a algumas destas regiões, tem feito com que as companhias particulares que comercializam sementes de sorgo, mudem constantemente de híbridos, num esforço para resolver esse problema. Isso tem provocado uma alta rotatividade de nomes de híbridos, os quais têm confundido os agricultores que adquirem sementes.

Com a política do governo federal de desestímulo às importações, a cada ano as restrições têm provocado uma maior dificuldade na importação de sementes. Por esse motivo, a agro-indústria de produção de sementes de sorgo está se iniciando mesmo enfrentando dificuldades enormes, advindas do problema de não contarmos com materiais genéticos apropriados à produção local.

Introduções maciças de linhagens das mais diversas origens tem sido realizadas, por várias entidades oficiais e particulares, nos últimos anos. Entretanto, essas introduções não tem se revelado plenamente adaptadas, necessitando sempre a incorporação de outras características para complementá-las e torná-las comercialmente desejáveis.

Devido a preemente necessidade de desenvolvimento de materiais genéticos adaptados às diferentes regiões ecológicas brasileiras, o melhoramento de populações de ampla variabilidade surge como meio mais rápido e eficiente de se conseguir os genótipos desejados. Esse tipo de melhoramento permite utilizar uma amplitude muito grande de materiais genéticos da Coleção Mundial, de forma eficiente e contínua. Os métodos de melhoramento de plantas autógamas, normalmente utilizados em sorgo, não apresentam essa possibilidade pela rapidez com que são fixados os genes e pelo pequeno número de linhagens envolvidas em cada hibridação.

Devido a esses fatos, foi iniciado um programa de melhoramento de populações no Centro Nacional de Pesquisa de milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), utilizando o método de seleção de progênies de meios irmãos, em uma população de cruzamento ao acaso denominada População Brasileira 4B (BRP4B), população essa, utilizada no presente trabalho.

Os objetivos do presente trabalho podem ser especificados como segue:

a. Avaliação de progênies de meios da população BRP4B visando, principalmente, o melhoramento para a produtividade;

b. Estimar o coeficiente de variação genética para algumas características da população e,

c. Estimar os ganhos esperados através da seleção entre progênies de meios irmãos para as diversas características estudadas.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

A utilização de genes de macho-esterilidade tornou possível um mecanismo de inter cruzamento ao acaso, em sorgo, surgindo a perspectiva de adaptar-se métodos de melhoramento usados em populações alógamas, principalmente, aqueles desenvolvidos para o milho. Por essa razão, e, por existirem ainda poucos trabalhos relatando resultados de seleção em populações de sorgo, serão discutidos também alguns trabalhos relacionados ao melhoramento do milho.

A idéia da utilização de métodos de melhoramento de milho em sorgo é bem discutida por *DOGGETT (1970)*. De acordo com esse autor, todas as evidências indicam que os métodos de seleção de populações de milho devem ser efetivos para o melhoramento do sorgo, desde que consigam selecionar os melhores efeitos gênicos. Embora o efeito principal da seleção recorrente seja sobre os efeitos gênicos aditivos, acha que é muito pouco provável que, muitos genes dando bons efeitos de dominância sejam perdidos, desde que a seleção para produção tende a retê-los na população. Híbridos entre duas populações em melhoramento (B e R) devem conti-

nuar a mostrar vigor, originado parcialmente pela contínua concentração de genes favoráveis, muitos dos quais, não comuns às duas populações.

*KAMBAL e WEBSTER (1965)* estudando híbridos  $F_1$  de sorgo encontraram diferenças significativas para a capacidade geral de combinação entre as linhagens estudadas, para todos os caracteres observados, inclusive a produção de grãos. Também para a capacidade específica de combinação foram obtidas diferenças significativas. Entretanto, os valores para a capacidade geral de combinação foram três vezes superiores àqueles observados para a capacidade específica. *MALM (1968)* encontrou valores de capacidade geral de combinação até vinte vezes superiores aos de capacidade específica de combinação, no estudo de oito introduções africanas, restauradoras da fertilidade, em combinações híbridas com quatro linhagens macho-estéreis elites.

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação mostram a importância dos efeitos gênicos não aditivos (dominância, epistasia e sobre-dominância), (*DOGGETT, 1970*). De acordo com este autor, desde que a capacidade geral de combinação é importante em sorgo, as variedades que apresentarem boas produções "per se", também produzirão bons híbridos. Assim, um programa de melhoramento baseado em dois compostos, representando dois germoplasmas potenciais para a produção de híbridos, deve produzir populações ou variedades de alta produtividade, para possibilitar a obtenção de híbridos superiores.

Os primeiros resultados do emprego desses métodos de seleção em populações de ampla variabilidade são relatados por *DOGGETT (1972b)*. Foram comparados os métodos de seleção de plantas macho-estéreis (massal



simples), seleção massal com alternância na escolha de plantas macho-estéreis e  $S_1$  e, seleção entre famílias de  $S_1$ , em oito populações de intercruzamento. A seleção de macho-estéreis superiores apresentou o menor ganho de seleção (7,6%), na média de três ciclos realizados. Entretanto, algumas populações selecionadas apresentaram ganhos de até 20%, em determinados ciclos. A seleção massal com alternância na escolha de macho-estéreis e  $S_1$  apresentou um ganho razoável (11,2%), na média de dois ciclos realizados. Observou-se depressão devido a endogamia após as gerações de seleção de  $S_1$ . O método que apresentou a maior eficiência foi o de seleção entre famílias de  $S_1$ , com um ganho de 25% na média dos dois ciclos estudados. A média de produção das populações selecionadas por dois ciclos pelo método de seleção entre famílias de  $S_1$ , foi 5% superior a melhor testemunha. Entretanto, algumas populações foram 13% superiores à melhor testemunha, que era a variedade Serena, de muito boa produção em Uganda.

*ECKEBIL (1974)* avaliou progênes  $S_1$  de três populações de cruzamento ao acaso em sorgo. Observou ganhos de seleção de 16,6% para a população NP3R, 28% para a NP5R e 15,2% para a NP7R. O maior ganho conseguido para a população NP5R deveu-se ao fato dessa população apresentar maior variabilidade genética. As herdabilidades estimadas para a produção de grãos foram altas, variando de 0,67 a 0,85.

O método de seleção entre e dentro de famílias meios-irmãos tem alcançado muito sucesso no melhoramento do milho, nos últimos anos. *LONNQUIST (1964)* sugeriu o emprego do método, inicialmente denominado "espiça por fileira modificado", que permite maior precisão na avaliação e seleção de progênes e possibilita a obtenção de um ciclo de seleção por

ano. *PATERNIANI (1967)* realizou três ciclos de seleção "espiga por fileira modificado" na população de milho Dente Paulista, observando um ganho de 13,6% por ciclo sobre a população original. Esse mesmo autor sugere a denominação de "seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos" para o método modificado de *LONNQUIST (1964)*. *WEBEL e LONNQUIST (1967)* obtiveram ganhos de 9,44% por ciclo, na variedade Hays Golden, nos quatro ciclos estudados. *PATERNIANI (1968)* indica um aumento na produtividade da população Piramex após quatro ciclos de seleção, da ordem de 15,2% sobre a população original. *ZINSLY (1969)* observou ganhos médios de 13,8% em três populações, comprovando a eficiência do método de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos. Dados mais recentes obtidos por *DARRAH et alii (1972)* confirmam os resultados de outros autores, com ganhos de seleção da ordem de 3% por ciclo, em material introduzido.

*JAN ORN (1973)* realizou um estudo durante dois anos, visando comparar os métodos de seleção progênies de meios-irmãos, irmãos germanos e  $S_1$  na população de ampla variabilidade de sorgo NP3R. Observou que a variância genética de dominância ( $\sigma_D^2$ ) excedia a variância genética aditiva ( $\sigma_A^2$ ) para a produção de grãos por planta e por unidade de área e número de grãos por planta. A tendência observada, com a média de produção das progênies de meios-irmãos sendo maior do que a de progênies de irmãos germanos e, estas, por sua vez, maiores do que a de progênies  $S_1$ , indicam que a heterose e a depressão devido à endogamia, são importantes para essa característica. A variância genética total das progênies  $S_1$  tendiam a exceder a de progênies de irmãos germanos que por sua vez eram superiores a das progênies de meios irmãos. Observou ainda que as famílias de meios irmãos tendiam a ser mais estáveis nos vários ambientes, enquanto, que as

progênies  $S_1$  apresentavam maior interação com local. O ganho esperado de seleção com a utilização de uma intensidade de seleção de 10%, foi de 8,9% para famílias de meio-irmãos; 11,6% para famílias de irmãos germanos e 21,2% para famílias de  $S_1$ .

*ICRISAT (1974)* reporta resultados de ensaios realizados com progênies de meios-irmãos e  $S_1$  de populações de cruzamento ao acaso, desenvolvidas no Kansas (Kansas State University), em Nebraska (Nebraska State University) e, em Indiana (Purdue University). As médias de produção de grãos das progênies de meios-irmãos foram superiores às de progênies de  $S_1$  em seis populações (cinco de Purdue e uma de Nebraska). As médias de produção de grãos de progênies de meios-irmãos foram inferiores às médias de progênies de  $S_1$  em outras seis populações (uma do Kansas e cinco de Nebraska).

*TREVISAN e SCHAFFERT (1976)* realizaram um ciclo de seleção de progênies de meios-irmãos e de  $S_1$  em duas populações brasileiras. Para a população BRP3R foram obtidos ganhos de 17,2% com progênies  $S_1$  e 9,1% com progênies de meios-irmãos. Na população BRP4B, que possuía maior herdabilidade para produção de grãos, foram obtidos ganhos de 56% para progênies  $S_1$  e 18,1% para progênies de meios-irmãos. As características observadas por *JAN ORN (1973)*, como média de produção de meios-irmãos e, maior variação genética total para os  $S_1$  em comparação com os meios-irmãos, também foram observadas nesse trabalho.

#### 4. MATERIAL

O material genético utilizado no presente trabalho constitui uma população de sorgo de ampla variabilidade, desenvolvida a partir de linhagens e populações que não restauram a fertilidade (B), quando cruzadas com linhagens contendo esterilidade masculina genético-citoplasmática. Esta população, denominada População Brasileira 4B (BRP-4B), faz parte do programa do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, que visa desenvolver materiais básicos de ampla variabilidade, para tornar possível a obtenção de linhagens adaptadas às condições brasileiras.

A população BRP4B foi sintetizada a partir de duas populações de ampla variabilidade, desenvolvidas pela Universidade de Purdue (U.S.A.): PP2B e PP6B. Quantidades de sementes proporcionais ao número de entradas de cada uma dessas duas populações foram misturadas e, a população obtida desta mistura (BRP4B), foi semeada em outubro de 1973, em lote isolado para permitir a primeira recombinação. Nesse lote isolado foram identificadas as plantas macho-estéreis na antese e, por ocasião da

colheita foram colhidas somente as plantas macho-estéreis, sem seleção. O segundo ciclo de recombinação foi obtido em Campinas no ano agrícola de 1973/74.

Na Tabela 1, são sumarizadas as informações a respeito dos materiais genéticos que entraram na síntese das populações PP2B e PP6B , que originaram a população BRP4B.

Na síntese da população PP2B utilizaram-se linhagens introduzidas da África e Índia que, passaram por um melhoramento inicial visando torná-las de porte baixo e precoces. Além desses materiais da Coleção Mundial de Germoplasma foram incluídas nessa população uma linhagem proveniente do Brasil e outra da Argentina. Todos os materiais genéticos foram cruzados com plantas macho-estéreis da população NP2B de Nebraska. As sementes  $F_1$  de cada um desses cruzamentos foram semeadas em Porto Rico na geração de inverno de 1971/72, obtendo-se sementes  $F_2$ . Uma igual quantidade de sementes  $F_2$  de cada cruzamento  $F_1$  foi misturada e semeada em lote isolado para a primeira recombinação. Três ciclos de recombinação foram realizados visando tornar a população PP2B estável para as características mais importantes.

Na obtenção da população PP6B foram utilizadas linhagens convertidas da Coleção Mundial e uma linhagem elite do Programa de Melhoramento da Universidade do Texas A&M (U.S.A.), sendo que, o mesmo procedimento utilizado na síntese da população PP2B foi também usado para se obter a PP6B.

Tabela 1. Materiais genéticos que entraram na síntese das populações PP2B e PP6B que deram origem à população BRP4B, bem como suas procedências.

Nome da População	População Utilizada na síntese	Número do Material na Coleção Mundial e Outras	Nome do Material Genético	Procedência
PP2B	NP2B	IS00104	Bonita x Early Hegari	México
		IS00211	Combine Kafir	U.S.A.
		IS00219	Carnahan	México
		IS00855	Curno	México
		IS00916	Algria	México
		IS2233	Websters Collection	U.S.A.
		IS2401	Witchweed resistant	U.S.A./Maryland
		SC 108-9-1	Zerazera	África
		SC 108-9-2	Zerazera	África
		SC 223-9-1	Caudatum/Kafir	África
	1885	Minu Inta	Argentina	
		Agroceres	Brasil	
PP6B	NP2B	IS00204	Red Kafir	U.S.A.
		IS00219	Carnahan	México
		IS00383	Texas	U.S.A.
		IS01220	Tsnan	China
		IS01295	Natal light red	South Africa
		IS01520	Talatujanna/Kvali	Índia
		IS02283	Maniaat	Índia
		IS02562	Plant Introduction	U.S.A./Maryland
		IS02935	Yelow Endosperm Kafir	U.S.A.
		IS03401	Nethet Pyna 17	África
		IS04722	Nilokeri-Karnal	Índia
		IS06341	Bahna	Índia
		IS08168	Iari	Índia
		IS08255	Iari	Índia
		IS08322	Red Jowar-Kutch	Índia
TX2514	Texas	U.S.A.		
SC 170-3-2	Zerazera	África		

Abreviaturas:

- PP - Purdue Population
- NP - Nebraska Population
- IS - Indian Sorghum
- SC - Sorghum Conversion
- TX - Linhagem elite do Texas/AZM

## 5. MÉTODOS

### 5.1. Condução dos Experimentos

O método empregado no presente trabalho foi o de seleção entre famílias de meios-irmãos que tem apresentado bons resultados no melhoramento do milho e, mais recentemente, está sendo empregado em sorgo.

Em um lote isolado de inter cruzamento da população BRP4B, plantado no ano agrícola 1973/74, foram colhidas cerca de 300 panículas macho-estéreis, de cerca de 800 previamente etiquetadas na antese. Cada uma dessas partículas foi trilhada separadamente constituindo-se numa família de meios-irmãos. A quantidade de sementes produzidas pela maior parte dessas famílias era insuficiente para as necessidades do ensaio, bem como para se dispor de sementes remanescentes, para a constituição da população selecionada. Por essa razão, apenas 75 famílias puderam ser incluídas nos ensaios. Essas famílias foram divididas em três grupos de 25 tratamentos, com cada grupo constituindo-se em um látice 5 x 5 com três repetições. Utilizaram-se os híbridos Contibrasil 2.105 e Asgrow Dourado M

como testemunhas intercalares, para possibilitar a comparação entre o potencial de produção das progênes testadas e materiais existentes no comércio. Essas testemunhas foram colocadas no início, no meio e no final de cada repetição.

Cada parcela experimental era constituída por três fileiras de oito metros, espaçadas de 0,75 m, sendo que a fileira central caracterizava a parcela útil e as duas laterais funcionavam como bordaduras. Essas bordaduras foram colocadas visando diminuir o efeito de competição entre parcelas que possuissem progênes de diferentes alturas.

O plantio dos ensaios foi feito em novembro de 1974 nos Campos Experimentais do IPEACO (atual Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo) em solos de cerrado de média fertilidade. A distribuição das sementes nas fileiras centrais foi manual, sendo colocadas três sementes em cada uma das 48 covas ao longo dos sulcos de oito metros, previamente abertos. Nas fileiras de bordaduras, as sementes foram distribuídas em fileira contínua. O plantio em covas para sorgo é recomendado na experimentação, por GARDNER (1972), para possibilitar igualdade de competição entre plantas de uma mesma família. A adubação utilizada no plantio foi de 400 kg de fórmula 4-14-8, respectivamente de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ . Utilizou-se uma adubação em cobertura na razão de 40 kg de N por hectare, trinta dias após a emergência.

Após a germinação, cada cova foi desbastada para uma planta, tentando-se conseguir um "stand" de 48 plantas por parcela útil. A população que se esperava obter com esse "stand", 80.000 plantas/hectare, estava bem abaixo daquela recomendada para plantios comerciais da cultura,



que oscila entre 140.000 e 200.000 plantas/hectare. Entretanto, *GARDNER (1972)* sugere a realização de ensaios de progênies em densidades mais baixas, procurando assim, diminuir a influência que, possíveis variações de altura de plantas dentro da fileira, possam causar na manifestação fenotípica dos genótipos. No florescimento anotou-se, para cada tratamento, o dia em que 50% das panículas da fileira útil alcançaram a antese. Durante esse período, foram realizados tratamentos fitossanitários visando controlar a mosca do sorgo (*Contarinia sorghicola*).

Após o florescimento, para cada experimento, foram etiquetadas, ao acaso, 10 plantas competitivas para cada tratamento, em uma das repetições. Esse mesmo procedimento foi realizado para outros 10 tratamentos, tomados ao acaso, em cada uma das outras duas repetições.

Antes da colheita, realizou-se a contagem do "stand" para cada tratamento.

Na colheita, as plantas etiquetadas, foram colhidas individualmente e tiveram os pesos de panículas anotados. Após a trilhagem, anotou-se o peso de grãos de cada panícula. Nas parcelas úteis foram colhidas todas as panículas que, acrescidas ao peso das dez panículas colhidas individualmente, caracterizou o peso de panículas de cada tratamento. Também para a produção de grãos teve-se o cuidado de acrescentar o peso de grãos das dez panículas, ao peso de grãos obtidos pela trilhagem das panículas de cada tratamento.

## 5.2. Análise dos Experimentos e Estimativas de Parâmetros Genéticos

### 5.2.1. Análise dos Experimentos

Os dados de "stand", produção de panículas, produção de grãos e florescimento foram analisados segundo o esquema de análise de variância de látice triplo.

Os dados de número de plantas por parcela ("stand") foram transformados para raiz quadrada ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ), seguindo indicações apresentadas em *STEEL e TORRIE (1960)*. As análises para produção de panículas e produção de grãos foram realizados sem correção para "stand", pois, segundo *ROSS (Comunicação pessoal)* não há fórmulas ou procedimentos adequados que corrija a produção para diferenças de "stand", em sorgo.

Nas análises conjuntas realizadas reunindo os três experimentos, para cada característica, preferiu-se utilizar as análises de variância como blocos ao acaso, pois, a maioria das análises em látice foram ineficientes ou, quando apresentaram eficiência, estas foram inferiores a 110%. Os quadrados médios das análises individuais permitiram a análise conjunta.

Foram realizadas análises de covariância entre produção de panículas e "stand" e produção de grãos e "stand", embora a análise de variância revelasse "stand" significativo, o que, de acordo com *PIMENTEL GO*MES (1966) não permite a correção dos tratamentos e dos quadrados médios. Nessas análises, a produção era a variável dependente (Y) e o "stand" a variável independente (X). Entretanto, os componentes da análise de variância de produção de panículas e de grãos, corrigidos para "stand" atra

vés da covariância simples, foram utilizados como uma análise auxiliar na estimativa de parâmetros genéticos.

As análises conjuntas dos experimentos de produção de grãos e produção de panículas, corrigidas para "stand", foram realizadas embora em dois dos experimentos de produção de grãos e em dois de produção de panículas, os testes F para tratamentos corrigidos, não apresentassem significância estatística. De acordo com *MATZINGER (1967)*, a não significância para tratamentos pode ocorrer em ensaios de progênies, onde a precisão experimental é diminuída pela utilização de menor número de repetições, para permitir o teste de maior número de progênies. A não significância dos tratamentos indica que o experimento não foi suficientemente preciso para detectar diferenças significativas. Isso não quer dizer que todas as progênies são idênticas. Como o objetivo da seleção é escolher uma certa proporção de progênies superiores, isso pode ser feito mesmo nos casos onde o teste F não revele diferença significativa entre tratamentos.

### 5.2.2. Estimativa dos Parâmetros Genéticos para Produção de Panículas e Produção de Grãos

As esperanças matemáticas dos quadrados médios das análises de variância, corrigidos para "stand" através da análise de covariância entre produção e "stand" são apresentadas na Tabela 2.

Segundo *VENCOVSKY (Informação Pessoal)* a utilização da análise de variância de produção de progênies corrigida para "stand", quando essa variável independente apresenta significância, não é efetiva para a

correção de tratamentos. Porém, esse procedimento permite separar do quadrado médio de tratamentos sem correção para "stand", uma parte relacionada ao efeito de progênes e outra relativa à covariância entre "stand" e produção. *VENCOVSKY e GERALDI (Informação Pessoal)* deduziram as esperanças dos quadrados médios da análise de variância de tratamentos sem correção para "stand". Essas esperanças de quadrados médios são apresentadas na Tabela 3.

Comparando-se os quadrados médios de tratamentos das Tabelas 2 e 3 pode-se separar o efeito da covariância entre produção e "stand":

**Tabela 2.** Esperanças matemáticas dos quadrados médios de produção corrigida para "stand", obtidas da análise conjunta da covariância entre "stand" e produção, segundo blocos ao acaso.

F.V.	QM	$\epsilon(QM)$
Progênes	$Q_2$	$\hat{\sigma}^2 + r \hat{\sigma}_{mi}^2$
Resíduo	$Q_1$	$\hat{\sigma}^2$

- $Q_1$  → Quadrado médio do resíduo (produção) corrigida para "stand";
- $Q_2$  → Quadrado médio de tratamentos (produção) corrigida para "stand";
- $\hat{\sigma}^2$  → variância de resíduo (erro experimental);
- $\hat{\sigma}_{mi}^2$  → variância entre progênes de meios-irmãos;
- $r$  → número de repetições

Tabela 3. Esperanças matemáticas dos quadrados médios de produção sem correção para "stand", obtidas da análise conjunta dos experimentos de produção realizados, segundo blocos ao acaso.

F.V.	QM	$\epsilon(QM)$
Progênieis	$Q_4$	$\hat{\sigma}^2 + r \hat{\sigma}_{mi}^2 + \beta^2 QMT(x)$
Resíduo	$Q_3$	$\hat{\sigma}^2 + \beta^2 QMR(x)$

$Q_4$  → Quadrado médio de tratamentos obtido da análise conjunta de experimentos de produção sem correção para "stand";

$Q_3$  → Quadro médio resíduo da análise conjunta de experimentos de produção sem correção para "stand";

$\hat{\sigma}^2$  → variância do resíduo (erro experimental);

$\hat{\sigma}_{mi}^2$  → variância entre progênieis de meios irmãos;

$\beta^2$  → coeficiente de regressão entre produção (Y) e "stand" (X);

$QMR(x)$  → quadrado médio do resíduo da análise conjunta do "stand" (X);

$QMT(x)$  → quadrado médio de tratamentos da análise conjunta do "stand" (X);

r → número de repetições

$$\beta^2 QMT(x) = Q_4 - Q_2$$

mas

$$QMT(x) = r \hat{\sigma}_s^2$$

portanto:

$$\beta^2 \hat{\sigma}_s^2 = \frac{Q_4 - Q_2}{r}$$

Da variância de tratamentos total ( $\hat{\sigma}_t^2$ ) composta de  $\hat{\sigma}_{mi}^2$  e  $\beta^2 \hat{\sigma}_s^2$  calculou-se a porcentagem dessa variação que é devida a produção de progênies de meios-irmãos ( $\hat{\sigma}_{mi}^2$ ) e a porcentagem que é devida ao efeito do "stand" sobre a produção ( $\beta^2 \hat{\sigma}_s^2$ ).

Para efeito de discussão, as estimativas de parâmetros genéticos para a produção de panículas e de grãos, foram realizadas utilizando-se os quadrados médios corrigidos e não corrigidos para "stand".

Para a produção de panículas e produção de grãos foi calculada a variância dentro de progênies ( $\hat{\sigma}_d^2$ ). As esperanças dos quadrados médios, ao nível de indivíduos, das análises conjuntas de produção com correção e sem correção para "stand", segundo *MIRANDA FILHO et alii (1972)*, são apresentadas na Tabela 4.

A variância dentro de progênies foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\hat{\sigma}_d^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}{N - 1}$$

$\sum x^2$  → somatória dos quadrados dos dados ao nível de plantas;

$\sum x$  → somatória dos dados de produção;

$N$  → número de plantas por parcela;

$N-1$  → graus de liberdade

O coeficiente de variação genético em relação à média de progênies de meios-irmãos foi estimada pela fórmula apresentada:

Tabela 4. Esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise conjunta dos experimentos de produção corrigidos para "stand" e essas mesmas esperanças para análise conjunta dos experimentos de produção sem correção para "stand", ao nível de indivíduos.

F.V.	QM com correção para "stand"	QM sem correção para "stand"	$e(QM)$ a/
Progênies	$Q_2$	$Q_4$	$n \hat{\sigma}_d^2 + n^2 \hat{\sigma}_e^2 + n^2 r \sigma_{p(mi)}^2$
Resíduo	$Q_1$	$Q_3$	$n \hat{\sigma}_d^2 + n^2 \hat{\sigma}_e^2$
Dentro		$Q_5$	$\hat{\sigma}_d^2$

a/ Na  $\hat{\sigma}_{mi}^2$  e na  $\hat{\sigma}_e^2$  estão incluídos os efeitos da covariância de produção com "stand", para o caso dos QM sem correção para "stand".

- $Q_1$  → quadrado médio do resíduo da análise de variância conjunta (corrigida para "stand");
- $Q_2$  → quadrado médio de tratamentos da análise de variância conjunta (corrigida para "stand");
- $Q_3$  → quadrado médio do resíduo da análise de variância conjunta (sem correção para "stand");
- $Q_4$  → quadrado médio de tratamentos da análise de variância conjunta (sem correção para "stand");
- $\hat{\sigma}_e^2$  → variância do efeito de parcelas;
- $\hat{\sigma}_d^2$  → variância entre plantas dentro de parcelas;
- $\hat{\sigma}_{p(mi)}^2$  → variância de progênies de meios-irmãos ao nível de indivíduos;
- n → número de plantas por parcela;
- r → número de repetições.

$$C V_{\text{gen}} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{\text{mi}}^2}}{\bar{x}_{\text{mi}}} \times 100$$

$\bar{x}_{\text{mi}}$  - média das progênes de meios irmãos da população.

A variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) que é a parte da variância genética utilizável na seleção foi estimada como sendo quatro vezes a variância de progênes de meios-irmãos ao nível de indivíduos ( $\hat{\sigma}_{\text{p(mi)}}^2$ ).

$$\hat{\sigma}_A^2 = 4 \hat{\sigma}_{\text{p(mi)}}^2$$

A variância fenotípica entre plantas ( $\hat{V}_{\text{fp}}$ ) e a variância fenotípica entre médias de famílias ( $\hat{V}_{\text{fm}}$ ) foram estimadas de acordo com MIRANDA FILHO *et alii* (1972) como:

$$\hat{V}_{\text{fp}} = \hat{\sigma}_{\text{p(mi)}}^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2$$

$$\hat{V}_{\text{fm}} = \hat{\sigma}_{\text{p(mi)}}^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{n} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{n r}$$

$\hat{\sigma}_{\text{p(mi)}}^2$  - variância de progênes de meios-irmãos ao nível de indivíduos;

$\hat{\sigma}_e^2$  - variância ambiental;

$\hat{\sigma}_d^2$  - variância dentro de progênes;

n - número de plantas por parcela ("stand");

r - número de repetições

Com as estimativas da variância fenotípica entre plantas ( $\hat{V}_{\text{fp}}$ ) e de variância genética aditiva, foi estimada a herdabilidade para a produção de panículas e produção de grãos, segundo a expressão:



$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{V}_{fp}}$$

$h^2$  = herdabilidade.

O ganho esperado através da seleção entre progênies de meios-irmãos foi estimado através da seguinte fórmula, citada por *MIRANDA FILHO et alii* (1972):

$$\Delta_g = Kc \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{V}_{fm}}}$$

$\Delta_g$  - ganho esperado através de seleção;

K - diferencial de seleção em unidades de desvio padrão;

c - 1/4 para a seleção entre progênies de meios-irmãos com utilização de sementes remanescentes;

$\hat{\sigma}_A^2$  - variância genética aditiva;

$\hat{V}_{fm}$  - variância fenotípica entre médias de famílias

### 5.2.3. Estimativa dos Parâmetros Genéticos para Período de Florescimento

Para a característica período de florescimento não foram realizadas anotações dentro de progênies e, por essa razão as estimativas foram feitas ao nível de parcelas.

A esperança dos quadrados médios é semelhante ao modelo apresentado para as características da produção de panículas e produção de

grãos, ilustrados na Tabela 2.

A variância entre progênes de meios irmãos, foi calculada utilizando-se as esperanças dos quadrados médios da Tabela 2, da seguinte maneira:

$$\hat{\sigma}_{mi}^2 = \frac{Q_2 - Q_1}{r}$$

$\hat{\sigma}_{mi}^2$  - variância entre progênes de meios-irmãos ao nível de parcelas;

$Q_1$  - quadrado médio do resíduo da análise conjunta para a característica de florescimento;

$Q_2$  - quadrado médio de tratamentos da análise conjunta para a característica período de florescimento;

$r$  - número de repetições.

O procedimento utilizado para o cálculo do coeficiente de variação genético foi o mesmo utilizado no cálculo desse coeficiente para as características de produção de grãos e produção de panículas.

A variância genética aditiva ao nível de parcelas ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) foi calculada como sendo quatro vezes a variância de progênes de meios-irmãos ao nível de parcelas ( $\hat{\sigma}_{mi}^2$ ).

A variância fenotípica entre médias de famílias foi estimada como:

$$\hat{V}_{fm} = \hat{\sigma}_{mi}^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{n}$$

$V_{fm}$  - variância fenotípica entre médias de famílias;

$\hat{\sigma}_{mi}^2$  - variância entre progênies de meios-irmãos;

$\hat{\sigma}^2$  - variância do resíduo (erro experimental);

$n$  - número de plantas por parcela.

Foram estimadas também a variância de progênies de meios-irmãos ao nível de indivíduos ( $\hat{\sigma}_{p(mi)}^2$ ) e a variância genética aditiva, também, ao nível de indivíduos ( $\hat{\sigma}_{Ai}^2$ ), como se segue:

$$\hat{\sigma}_{p(mi)}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{mi}^2}{n}$$

$$\hat{\sigma}_{Ai}^2 = 4 \hat{\sigma}_{p(mi)}^2$$

O progresso esperado através de seleção entre progênies de meios-irmãos para a característica período para florescimento foi estimado utilizando-se a mesma fórmula empregada nas estimativas do ganho na seleção entre progênies para a característica produção.

## 6. RESULTADOS

A Tabela 5 apresenta as análises de variância dos dados de "stand" transformados para raiz quadrada do número de plantas ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ), dos três experimentos realizados. Incluiu-se para cada experimento, as médias de número de plantas por fileira das progênes testadas e das testemunhas. Ocorreram diferenças altamente significativas entre os tratamentos nos três experimentos, indicando que, a maior ou menor sobrevivência das progênes foram devidas a características inerentes às próprias progênes. Nos três experimentos, as médias de "stand" das progênes estiveram bem abaixo do "stand" ideal de 48 plantas, variando de 31,8 a 34,1 plantas por fileira. Nos experimentos 1 e 2, também, as testemunhas apresentaram "stand" baixo, respectivamente, 35 e 36 plantas por fileira, enquanto que o terceiro experimento apresentou relativamente bom "stand" de 43 plantas.

Na Tabela 6, são apresentados as análises de variância dos dados de período para florescimento, em dias para 50% de antese, dos três

experimentos executados. As médias das progênies testadas e das testemunhas, para essa característica, também, foram incluídas na Tabela. As diferenças altamente significativas para esse caráter nos testes F realizados, indicam um comportamento diferencial das progênies. As médias de período para florescimento das progênies nos três experimentos, respectivamente, 60,4; 60,8 e 61,6 dias, foram inferiores às médias das testemunhas, respectivamente, 66,5; 66,5 e 68,0 dias, caracterizando uma maior precocidade das progênies em relação às testemunhas. Os coeficientes de variação encontrados oscilaram entre 2,15% e 3,81%, evidenciando uma precisão excepcional dos ensaios realizados, para período de florescimento.

As análises de variância referentes aos dados de produção de panículas e produção de grãos dos três experimentos, em kg/6 m<sup>2</sup>, sem correção para "stand", são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 7 e 8. Também foram incluídas as médias de produção das progênies e das testemunhas. Os testes F aplicados, mostraram diferenças altamente significativas entre progênies para as duas características, nos experimentos 1 e 3. No experimento 2, para a produção de panículas, as diferenças foram significativas e, para a produção de grãos foram altamente significativas. Essas significâncias do teste F indicam que, as diferenças observadas têm elevada probabilidade de não serem aleatórias, mas sim devidas aos genótipos envolvidos.

Em todos os experimentos, as médias de produção de panículas das progênies testadas, variaram de 2,11 a 2,27 kg/6 m<sup>2</sup>, sendo inferiores às médias das testemunhas que variaram de 2,28 a 2,56 kg/6 m<sup>2</sup>. Fato semelhante ocorreu com a média de produção de grãos, que variou de 1,55 a

1,64 kg/6 m<sup>2</sup>, enquanto que, as testemunhas apresentaram de 1,71 a 1,92 kg/6 m<sup>2</sup>.

Os coeficientes de variação dos experimentos variaram de 22,9 a 29,7% para a produção de panículas e, 23,9 a 30,7% para a produção de grãos. Esses altos coeficientes de variação encontrados, indicam uma precisão experimental relativamente baixa nos experimentos realizados, para a produção de panículas e produção de grãos.

As Tabelas 9, 10 e 11 apresentam as análises de covariância entre "stand" e produção de panículas e, as Tabelas 12, 13 e 14 apresentam as análises de covariância entre "stand" e produção de grãos, respectivamente, para os experimentos 1, 2 e 3. Utilizou-se para o "stand" os dados transformados para raiz quadrada e, para a produção, os pesos de panículas e grãos, em kg/6 m<sup>2</sup>. Apenas o primeiro experimento apresentou significância, tanto para produção de panículas como para produção de grãos, ajustadas. Nos outros dois experimentos, os ajustes efetuados pela covariância, provocaram uma maior concentração de médias de tratamentos em torno da média geral, de tal maneira que, os testes F realizados, foram não significativos. O objetivo das análises de covariância realizadas foi o de auxiliar na estimativa do efeito do "stand" sobre a produção de panículas e de grãos. Essas análises de covariância não são recomendadas para o efeito de correção de diferenças de tratamentos, devido a alta significância da variável independente ("stand"), observada na Tabela 5.

Na Tabela 15 são apresentadas as médias, amplitudes de variação e coeficientes de variação genética das progênies observadas para: produção de panículas sem correção para "stand" (kg/ha); produção de

grãos sem correção para "stand" (kg/ha); período para florescimento (em dias) e "stand" em número de plantas por parcela útil. Também são apresentadas as médias e amplitudes de variação das testemunhas, para essas mesmas características.

Para a característica produção de panículas, algumas progênies foram superiores, em até 50%, à média das testemunhas. A média de produção das progênies (3.680 kg/ha) entretanto, foi cerca de 10% inferior a média das testemunhas (4.080 kg/ha).

A média de produção de grãos das progênies (2.690 kg/ha), foi inferior, em cerca de 13%, à média de produção das testemunhas (3.060 kg/ha). O maior valor de produção de grãos encontrado entre as progênies foi 3.470 kg/ha e, o menor de 850 kg/ha, evidenciando uma grande amplitude de variação.

Para a característica período para florescimento, a média geral das progênies testadas foi de 60,9 dias, cerca de 9% inferior às testemunhas que, apresentaram média de 67 dias. Entretanto, algumas progênies foram mais tardias, em até 2 dias, em relação à média das testemunhas.

A média do número de plantas por fileira ("stand"), apresentada pelas progênies (32,5), foi cerca de 15% inferior a média das testemunhas e, 33% inferior ao "stand" ideal de 48 plantas. A amplitude de variação do "stand" foi muito grande, com o menor "stand" sendo 17 e, o maior, alcançando 48 plantas.

Os coeficientes de variação genética estimados para produ-

ção de panículas, produção de grãos e "stand", respectivamente 20,0% ; 20,5% e 10,1% demonstram a grande variabilidade genética existente para esses caracteres na população BRP4B. Para a característica período para florescimento a variabilidade genética é pouca, evidenciada por um baixo coeficiente de variação genética, de cerca de 3%.

Na Tabela 16 são apresentadas as análises de variância conjunta dos experimentos 1, 2 e 3 para "stand" e período para florescimento. Os testes F realizados evidenciaram diferenças altamente significativas para esses dois caracteres. A Tabela 17 apresenta as análises de variância conjunta dos experimentos 1, 2 e 3 para produção de panículas e produção de grãos. Para essas duas características ocorreram diferenças altamente significativas, nos testes F realizados, evidenciando o comportamento diferencial das progênies, já observados nas análises individuais. Nas Tabelas 18 e 19 são apresentadas as análises conjuntas de covariância, respectivamente, para "stand" x produção de panículas e, "stand" x produção de grãos. Para a produção de panículas ajustadas pela covariância, o teste F evidenciou diferenças altamente significativas, enquanto que, para a produção de grãos, as diferenças foram significativas. Os valores do coeficientes de regressão linear ( $\beta$ ) obtidos para "stand" x produção de panículas e, "stand" x produção de grãos, foram respectivamente, de 0,6591 e 0,4775, podendo ser considerados altos.

Os valores das correlações entre "stand" e produção de panículas e, "stand" x produção de grãos obtidos podem ser apreciados na Tabela 20. Os altos valores observados, respectivamente, 0,74 e 0,71 foram significativos ao nível de 0,1% de probabilidade, nos testes  $t$  efetuados, mostrando a extrema dependência entre produção e "stand".



Na Tabela 21 pode-se visualizar as estimativas das diversas variâncias contidas na variância de tratamentos total ( $\hat{\sigma}_t^2$ ), em  $\text{kg}^2/6 \text{ m}^2$  e em porcentagem da  $\hat{\sigma}_t^2$ , obtidas das esperanças dos quadrados médios de produção de panículas e de produção de grãos, sem ajuste para "stand".

Para a produção de panículas, a variância devida a produção de progênes de meios irmãos ( $\hat{\sigma}_{p(mi)}^2$ ) foi de  $0,0323 \text{ kg}^2/6 \text{ m}^2$ , sendo cerca de 12,8% da variância de tratamentos, que apresentou um valor de  $0,2523 \text{ kg}^2/6 \text{ m}^2$ . A maior parcela foi tributada ao efeito do "stand" sobre a produção ( $\beta^2 \hat{\sigma}_s^2$ ) com  $0,2200 \text{ kg}^2/6 \text{ m}^2$ , sendo responsável por 87,8% da variância de tratamentos.

Para a produção de grãos a variância devida a produção de progênes de meios irmãos ( $\hat{\sigma}_{p(mi)}^2$ ) foi de  $0,0169 \text{ kg}^2/6 \text{ m}^2$  correspondendo a 12% da variância de tratamentos ( $\hat{\sigma}_t^2$ ) que apresentou um valor de  $0,1399 \text{ kg}^2/6 \text{ m}^2$ . A parte da variância de tratamentos relativa ao efeito do "stand" sobre a produção de grãos ( $\beta^2 \hat{\sigma}_s^2$ ) foi de  $0,1230 \text{ kg}^2/6 \text{ m}^2$ , representando 88% do total.

Na Tabela 22 são apresentados os progressos esperados de seleção entre progênes de meios irmãos em  $\text{kg/ha}$ , utilizando as variâncias de tratamentos, obtidas das análises de variância conjunta de produção de panículas e de produção de grãos, não ajustadas para "stand". O progresso esperado na seleção entre as progênes para a produção de panículas foi de  $734 \text{ kg/ha}$ , representando um ganho de 19,9% sobre a população original. Desses valores,  $88,5 \text{ kg/ha}$ , representando 2,55% de ganho é relativo ao efeito de maior produção das progênes selecionadas e,  $645,5 \text{ kg/ha}$ , correspondendo a 17,35% de ganho, é relativo à contribuição do

efeito de produção associada ao "stand", se considerarmos que ambos os efeitos possuem herdabilidades semelhantes.

Para a produção de grãos o progresso esperado na seleção entre progênes de meios irmãos foi de 546 kg/ha, correspondendo a um ganho de 20,3% sobre a população original. Desse ganho, cerca de 65,5 kg/ha, representando um ganho de 2,44%, corresponde ao efeito de maior produção das progênes selecionadas e, 480,5 kg/ha representando um ganho de 17,86%, corresponde ao efeito de produção associada ao "stand". Esses dobramentos dos progressos foram realizados supondo-se que os dois efeitos tenham herdabilidades semelhantes.

A Tabela 23 apresenta as produções médias de panículas e grãos das populações BRP4B original e selecionada através de progênes sem ajuste para "stand" e, as produções médias de panículas e grãos da população BRP4B se a população fosse selecionada através das progênes ajustadas para "stand", pela análise de covariância entre produção e "stand".

Para a produção de panículas, a população BRP4B selecionada pelas produções das progênes sem ajuste para "stand" apresentou uma média de 4.420 kg/ha, sendo 19,9% superior a população BRP4B original e, 8,4% superior à média das testemunhas. Se a população BRP4B fosse selecionada pelas produções das progênes ajustadas para "stand", apresentaria uma produção média teórica de 3.880 kg/ha; 5,5% superior a média da população BRP4B original e, 5% inferior a média das testemunhas.

A produção de grãos da população BRP4B selecionada pela produção das progênes sem ajuste para "stand", foi de 3.240 kg/ha, sendo

20,3% superior a população original e, 5,6% superior a média das testemunhas. Se a população fosse selecionada pelas produções de progênies ajustadas para "stand", apresentaria uma produção teórica de 2.810 kg/ha; 4,4% superior à população original e, 8,0% inferior à média das testemunhas.

A Tabela 24 apresenta as diversas estimativas genéticas realizadas para a característica período para florescimento. Essas estimativas, não afetadas pelo "stand", mostram um baixo coeficiente de variação genético de 2,95%. Deve-se salientar que o caráter período para florescimento, avaliado pelo dia em que 50% das plantas da parcela útil atingiram a antese, é um dado médio que não mostra a variação total que ocorre dentro da progênie. O progresso esperado pela seleção entre progênies foi de 1,5 dias (2,5%) para uma intensidade de seleção de 20%. A variância de progênies de meios-irmãos ( $\hat{\sigma}_{mi}^2$ ) ao nível de parcelas foi de 1,7992 dias<sup>2</sup> e, ao nível de plantas foi de  $0,781 \times 10^{-3}$  dias<sup>2</sup>. As variâncias genéticas aditivas ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) observadas para período de florescimento ao nível de plantas foram, respectivamente, 7,1970 dias<sup>2</sup> e  $3,1240 \times 10^{-3}$  dias<sup>2</sup>.

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1. Considerações Gerais

Durante várias décadas o melhoramento do sorgo foi conduzido pelos métodos tradicionais empregados no melhoramento de plantas autógamas. Esse melhoramento foi efetivo para caracteres de alta herdabilidade como resistência a doenças, precocidade e altura, porém, parece não ser o mais eficiente para explorar ao máximo a variabilidade existente, principalmente, para caracteres de menor herdabilidade como a produção de grãos. *QUINBY e SCHERTZ (1970)* afirmam que não foram obtidos genótipos mais produtivos utilizando aqueles métodos tradicionais, até o surgimento do método do sorgo híbrido. *DOGGETT (1970)* salienta que o método do sorgo híbrido foi eficiente no início, utilizando as linhagens já existentes, mas posteriormente, o progresso na obtenção de híbridos mais produtivos tem sido muito lento. Aparentemente, esse lento progresso é devido à ineficiência dos métodos utilizados na síntese de novas linhagens. Como a capacidade geral de combinação é de muita importância em sorgo, e, está

diretamente relacionada aos efeitos gênicos aditivos, um programa direcionado para a obtenção de híbridos mais produtivos deve, antes, obter linhagens mais produtivas.

A utilização de genes de esterilidade masculina permitiu a transformação do sorgo, uma planta normalmente autógama, em alógama, possibilitando a síntese de populações de intercrossamentos. Essas populações permitem uma melhor utilização da variabilidade existente em linhagens da Coleção Mundial de Germoplasma. Além disso, permitem a adaptação de métodos de seleção recorrente normalmente usados no melhoramento de plantas alógamas (GARDNER, 1972). Esses métodos são direcionados no sentido de acumular genes de efeitos aditivos, possibilitando a obtenção de linhagens mais produtivas. Com essas linhagens, híbridos e variedades de maior produtividade podem ser desenvolvidos.

## 7.2. Problemas Relativos a Avaliação de Progenies

O emprego de métodos de melhoramento de populações de milho no melhoramento do sorgo deve naturalmente adaptar-se às características da cultura, entre as quais, a maior competição genotípica devido às altas densidades de plantio, é um dos fatores importantes (GARDNER, 1972). Por isso, a utilização de menores densidades de plantio para ensaios de progenies são importantes para diminuir o efeito de competição entre os genótipos envolvidos e melhorar a precisão dos experimentos.

Outro aspecto importante no melhoramento do sorgo é a compensação de produção devido a problemas de falhas no "stand". Essa compensação é uma característica que está relacionada diretamente com o genó

tipo da planta, seja pela maior produção da planta, individualmente, ou pela emissão de novos perfilhos. *ROSS (Informação Pessoal)* acredita que para alguns genótipos e dentro de certos limites, essa compensação é quase completa. Por essa razão e porque o efeito de compensação é uma característica interessante nos materiais de sorgo comerciais, normalmente não são usadas fórmulas ou outros métodos para ajustar a produção à um "stand" uniforme.

Entretanto, as correlações entre "stand" e produção de panículas (0,74) e "stand" e produção de grãos (0,71), observadas no presente trabalho, foram muito altas, mostrando a extrema dependência entre caracteres de produção e "stand". Por essa razão, pode-se afirmar que praticamente pouca compensação ocorreu no trabalho realizado, pois aquelas progênies com maior número de plantas por parcela foram as mais produtivas. A compensação de produção devido a falhas no "stand" é um aspecto que necessita ser melhor estudado em futuros trabalhos de experimentação em sorgo, principalmente aqueles envolvendo progênies de populações de ampla variabilidade. Dentro da fileira de uma progênie, os indivíduos são genotipicamente diferentes, o que não ocorre no caso de híbridos e variedades. Características como variação na produção de plantas devido a falhas no "stand" (efeito de compensação), perfilhamento, altura de planta e outros são mais facilmente identificáveis em híbridos, do que em progênies. Em híbridos pode ser calculado quanto uma planta produz a mais pela ocorrência de uma eventual falha adjacente, devido a uniformidade genotípica da parcela. Mas, em progênies, isso não é possível, pois, mesmo sem a ocorrência de falhas no "stand", há uma variação muito grande dentro da fileira, para as mais diversas características fenotípicas.

*SULLIVAN (1972)* afirma que o sorgo é mais sensível a seca durante o período de florescimento e início de formação de grãos quando a necessidade de água atinge o seu máximo. No estágio vegetativo o sorgo apresenta muita tolerância à falta de água. Entretanto, tem sido observada alta sensibilidade a seca, logo após a emergência das plantas, quando as reservas provenientes da semente já foram utilizadas em sua totalidade e o sistema radicular não está ainda perfeitamente estabelecido. No presente trabalho, os experimentos foram instalados em solo úmido, logo após alguns dias de precipitação pluviométrica. Isso possibilitou uma emergência de plantas relativamente boa. Entretanto, após a emergência, registraram-se duas semanas sem precipitação. Essa ausência de chuva, aliada às temperaturas elevadas e à baixa retenção de água no solo, muito comuns nas regiões de cerrado, provocaram uma redução sensível no "stand" de inúmeras parcelas experimentais. O fato da análise estatística dos dados de "stand" indicarem alta significância estatística pode ser interpretado como uma sistemática sobrevivência de algumas progênes e maior mortalidade de outras.

Essa característica de maior sobrevivência de plantas a períodos sem precipitação pluviométrica e que ocorrem durante o ciclo da cultura (tolerância a seca) é muito importante para o melhoramento do sorgo no Brasil, onde a ocorrência de veranicos é muito comum, principalmente, nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul (*TREVISAN et alii, 1975*).

*ECKEBIL (1974)* e *JAN ORN (1973)* tiveram problemas de "stand" muito semelhantes aos observados no presente trabalho. Para diminuir possíveis efeitos de "stand" na produção, optaram pela colheita dos

2 ou 3 metros com "stand" melhor, nas parcelas onde ocorriam falhas, sendo os dados obtidos convertidos para a parcela total (6 m). Nas parcelas onde não ocorriam falhas eram colhidos os 6 m totais da parcela útil. Entretanto nas condições de solos de cerrado, esse procedimento poderia conduzir a seleção de progênies que apresentassem boas produções em 2m localizados em ocasionais manchas de fertilidade. A extrapolação para 6 m poderia ocasionar superestimação na produção de algumas progênies que apresentassem baixos "stand", em detrimento de outras que tivessem produções razoáveis num "stand" ideal.

Outro fator que tem causado problemas na experimentação de progênies de sorgo é a necessidade de uma suficiente quantidade de sementes para a experimentação bem como para se dispor de sementes remanescentes.

Na experimentação de sorgo é muito comum a utilização de bordaduras entre parcelas experimentais. Essas bordaduras são necessárias principalmente, pela grande variação de porte de planta encontrada entre híbridos comerciais, variedades e populações de sorgo. Quatro genes maiores de efeitos complementares, dominantes para maior altura e cujos recessivos são denominados "dwarfs" ( $dw_1$  a  $dw_4$ ) são os responsáveis pela maior parte da variação de altura encontrada entre genótipos de sorgo (QUINBY e SCHERTZ, 1970). Além disso, existem genes quantitativos modificadores que provocam variação do porte de plantas mesmo entre linhagens ou híbridos contendo os mesmos genes  $dw$ . Pelo fato da competição intergenotípica ser muito grande em sorgo, qualquer pequena diferença em altura entre materiais genéticos em experimentação, pode subestimar ou su



perestimar a produção (GARDNER, 1972). Esses problemas tem levado os pesquisadores que trabalham com a experimentação em sorgo a utilizarem um número de fileiras na parcela que varia de 3 a 6, com uma ou duas fileiras centrais constituindo-se na parcela útil.

Mesmo o sorgo sendo uma espécie altamente prolífica, com um número de sementes que pode chegar até a 1.500 por panícula, essa quantidade pode ser limitante devido ao tamanho de parcela normalmente empregado e devido a necessidade de serem semeadas quantidades maiores de sementes para a obtenção de "stand" adequado. Esse problema foi encontrado na condução do presente trabalho, pois das 300 panículas previamente selecionadas, apenas 75 puderam entrar nos ensaios e ainda possibilitarem sobra de sementes para recompor a população após a seleção (sementes remanescentes). Mesmo assim essas 75 progênies utilizadas não possibilitaram a obtenção de quantidades de sementes remanescentes que permitissem a obtenção de um lote isolado de tamanho adequado. Devido ao pequeno tamanho do lote isolado conseguido com a semeadura das sementes remanescentes das melhores progênies, a seleção dentro de progênies de meios irmãos praticamente não foi realizada. A pequena seleção realizada pode ser considerada mais como uma recombinação do material selecionado do que, propriamente, uma seleção dentro de progênies de meios irmãos.

Outro problema observado na avaliação de progênies de meios irmãos foi a maior precocidade apresentada pela população, evidenciada pelo menor período para florescimento das progênies (60,7 dias) em relação às testemunhas (67 dias). Essa menor precocidade apresentada, pode ser o resultado de uma seleção inconsciente durante os ciclos de recombina-

nação, após a síntese da população. Durante o florescimento percorre-se diariamente o lote isolado de intercruzamento etiquetando-se as plantas macho-estéreis. No entanto, há uma natural tendência em se diminuir o número de plantas etiquetadas diariamente, quando o número de plantas desejado é atingido. Essa tendência, ao longo dos tres ciclos de recombinação, pode ter sido responsável pela maior precocidade apresentada pela população.

### 7.3. Seleção entre progênies e progressos esperados

O nível de produtividade alcançado pelas progênies da população BRP4B nos ensaios realizados pode ser considerado excelente. A média de produção de panículas obtida correspondeu a 90,8% da produção das testemunhas que constituem híbridos comerciais, de reconhecida produtividade. Os híbridos apresentaram uma maior produção, provavelmente, devido a sua maior tolerância à seca e ao vigor híbrido que geralmente se expressa por maior rapidez na emergência e no desenvolvimento vegetativo (*QUINBY e SCHERTZ, 1970*). Essas características dos híbridos fizeram com que apresentassem um "stand" médio superior ao das progênies. Mesmo assim, o nível de produção alcançado pela população BRP4B recém sintetizada, pode fornecer uma boa indicação do potencial de melhoramento dessa população. Deve-se salientar ainda que, a obtenção de materiais genéticos B (não restauradores da fertilidade) constitui-se numa das etapas mais importantes no melhoramento visando o desenvolvimento de híbridos, pela dificuldade em obter-se linhagens B de boa produção.

O nível de produtividade da população também foi avaliado

pela produção de grãos das progênes. A média de produção apresentada pelas progênes correspondeu a 87,7% da produção média obtida pelos dois híbridos testemunhas. A comparação entre produção de panículas e produção de grãos da população BRP4B e das testemunhas indicou que a porcentagem de grãos obtida nas panículas das progênes foi menor do que aquela obtida nas panículas dos híbridos testemunhas. Embora a correlação entre produção de panículas e produção de grãos seja muito alta (ECKEBIL, 1974), uma seleção somente baseada em produção de panículas poderá conduzir, ao longo de vários ciclos de seleção, a uma diminuição na porcentagem de grãos. Como a maior porcentagem de grãos na panícula é uma característica altamente desejável em materiais comerciais, as avaliações de produção de panículas, juntamente com produção de grãos, nos testes de progênes, são de importância fundamental.

Para efeito de discussão foram realizados inicialmente os cálculos dos progressos esperados nas produções de panícula e de grãos, em função das médias de produção corrigidas, por análises de covariância entre produção e "stand". Os razoáveis ganhos teóricos obtidos para produção de panículas (5,5%) e para a produção de grãos (4,4%), dificilmente teriam comprovação experimental pois, algumas progênes que produziram bem e apresentaram "stand" ideal, ao serem corrigidas pela análise de covariância passaram a ter produções inferiores a outras que tiveram produções médias em "stand" médios ou baixos. Na seleção com os dados corrigidos, os progressos tanto para produção como para tolerância à seca ficariam totalmente prejudicados. Dessa maneira preferiu-se seguir as indicações de PIMENTEL GOMES (1966) de que, não se deve corrigir as médias de variáveis dependentes (produção) por análise de covariância, quando as

análises de variáveis independentes ("stand") revelaram-se significativas, no teste F efetuado.

A maior sobrevivência de plantas e, portanto maior "stand", ocorrida em alguns tratamentos no presente trabalho, pode ser interpretada como maior tolerância à seca. A pequena amplitude dos dados de florescimento apresentado pelas progênies indicam que possíveis escapes devidos a maior ou menor precocidade de algumas progênies, dificilmente podem ter ocorrido. Outras interpretações como: incidência de doenças, ataque de pragas e sensibilidade a inseticidas, parecem ser hipóteses menos prováveis, pois são características facilmente identificáveis em sorgo. Foi evidenciado que a tolerância à seca estava relacionada à produtividade final das progênies devido ao maior número de plantas produtivas sobreviventes. Nessas condições e considerando-se o interesse que se tem na obtenção de genótipos que sejam capazes de compensar eventuais falhas no "stand" resolveu-se, selecionar, as progênies mais produtivas sem qualquer ajuste para "stand".

Os progressos observados na produtividade da população BRP 4B, para panículas e grãos sem ajuste para "stand", respectivamente 19,9 e 20,3% em relação à população original foram devidos somente em parte aos efeitos de genes aditivos favoráveis à maior produtividade. Essa porção, que no presente caso, representa ganhos de 2,55% e 2,44% respectivamente, para a produção de panículas e produção de grãos, é a que realmente tem maior interesse num trabalho de melhoramento de populações convencional. Entretanto num ano desfavorável, outros efeitos também aditivos e com excepcional influência na produção, puderam ser selecionados. Es-

ses efeitos, devidos ao efeito do "stand" sobre a produção e relacionados à maior tolerância à seca das progênes selecionadas, foram os principais na seleção efetuada. De acordo com as estimativas realizadas, segundo as indicações de *VENCOVSKY e GERALDI (Informação Pessoal)* e supondo-se herdabilidades semelhantes para os dois efeitos, a parte da variância de progênes devida ao efeito do "stand" sobre a produção foi responsável por cerca de 17,35% e 17,86% dos progressos observados, respectivamente, para produção de panículas e produção de grãos, em relação a população original. Esses progressos, devidos aos efeitos de maior sobrevivência, podem não representar um aumento efetivo na produção da população selecionada, em anos favoráveis, mas possibilitarão uma maior estabilidade de produção dessa população em anos em que os veranicos são fatores de redução na produtividade.

A eficiência da seleção realizada no presente trabalho, pode ser comprovada por *TREVISAN e SCHAFFERT (1976)*, que trabalhando com a população BRP4B selecionada, no presente trabalho, não observaram problemas no "stand" de seus experimentos. Vale ressaltar que o ano agrícola em que foi instalado o trabalho desses autores (1975/76) foi um dos anos de menor precipitação pluviométrica já ocorridos em 40 anos de observação de dados meteorológicos, na região de Sete Lagoas (MG), segundo *GOODWIN et alii (1976)*. Ocorreram tres veranicos durante o ciclo da cultura mas, mesmo nessas condições, aqueles autores obtiveram "stands" mínimos nunca inferiores a 70% do "stand" ideal e conseguiram um ganho de seleção esperado entre progênes de meios irmãos, da ordem de 18,1%, para a produção de grãos.

O progresso esperado para a característica período para florescimento estimado no presente trabalho, para uma intensidade de seleção de 20% entre progênies de meios irmãos, foi de 1,5 dias o que pode ser considerado razoável. Entretanto o coeficiente de variação genética encontrado de, aproximadamente 3%. mostra uma pequena variabilidade genética entre progênies de meios irmãos, para o caráter período para florescimento. Entretanto, no estágio atual do melhoramento do sorgo no Brasil, a seleção para maior ou menor precocidade está colocada em segundo plano, devido a premente necessidade de obtenção de materiais genéticos mais adaptados e produtivos. Além disso, *JAN ORN (1973)* encontraram altas correlações entre produção de grãos e maturação tardia. Salienta que, se a seleção for realizada somente para a produção, a população tenderá a apresentar, com o passar das gerações de seleção, uma maturação mais tardia. Embora essa característica seja considerada indesejável no caso do trabalho desses autores, para a população BRP4B é altamente interessante, pois a seleção para produção naturalmente tenderá a conduzir a um aumento na média do período para florescimento, podendo atingir o período que caracteriza os cultivares do ciclo médio, que é, aproximadamente, 65 dias.

#### 7.4. Alternativas para a seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos em sorgo.

Um dos maiores problemas que ocorrem em ensaios de progênies e, que também ocorreu no presente trabalho, é a necessidade de maior quantidade de sementes na panícula que origina cada progênie. Esse problema é tão grave que muitas vezes impossibilita a seleção dentro de progênies pela pequena população de plantas obtidas com as sementes remanes-

centes.

Para contornar esse problema é interessante o plantio dos lotes de recombinação, em solos de alta fertilidade e utilizando práticas culturais mais elaboradas. Essas práticas, como o ótimo preparo do solo, adubações mais elevadas, menor densidade de plantio, controle eficiente de pragas e em alguns casos até irrigação complementar, permitem a obtenção de panículas de maior produção de sementes e portanto com maiores possibilidades de entrarem nos testes de progênies. Essa alternativa apresenta o inconveniente de que a seleção dentro de progênies é realizada em condições muito favoráveis, o que poderá conduzir a uma seleção negativa para maior rusticidade do material selecionado e muitas vezes, a uma seleção contrária aquela realizada no teste de progênies.

Outra solução para esse problema seria a diminuição do tamanho de parcelas experimentais. A utilização de parcelas de 1 ou 2 fileiras, e de menor comprimento implicaria numa necessidade menor de sementes, possibilitando a inclusão de um maior número de progênies nos ensaios. Entretanto, essas modificações só poderão ser feitas após a constatação, através de pesquisas, dos riscos que se incorreria na eliminação de bordaduras e, a comprovação de que essa eliminação não seria um fator de redução na precisão experimental.

A falta de uma quantidade suficiente de sementes é agravada com a utilização de gerações de inverno para possibilitar um ciclo por ano no método de seleção entre e dentro de famílias com sementes remanescentes. Nessa geração de inverno normalmente é instalado o lote isolado de recombinação. Em muitas regiões que apresentam noites frias no inver

no, o plantio em gerações de inverno poderá causar redução na produção pois o sorgo é muito sensível ao frio. Panículas de baixa produção obtidas nessa geração dificilmente conseguirão fornecer sementes suficientes para o teste de progênes e ainda possibilitar sobra de sementes para compor a população selecionada.

Duas alternativas surgem como opções para a resolução desses problemas e tornar o método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos em sorgo tão eficiente como em milho.

A primeira seria a utilização do método como foi originalmente proposto por *LONNQUIST (1964)* ou seja, sem o uso de sementes remanescentes. Uma repetição a mais do teste de progênie é instalada num lote isolado, semeando-se a cada quatro fileiras de progênes, uma mistura de sementes de todas as progênes. As plantas férteis das fileiras de progênes devem ser identificadas no início da antese e serem eliminadas. A seleção dentro das progênes é realizada nesse lote isolado, somente dentro das fileiras que apresentem boas produções nos testes de progênes. Esse procedimento permite a realização de um ciclo por ano, com a vantagem de que, tanto o teste de progênes como o lote de recombinação são plantados na época normal de plantio da cultura e no mesmo ano agrícola. Nesse lote isolado pode-se realizar todas as práticas culturais já citadas anteriormente, visando a obtenção de panículas com maior prolificidade.

A segunda alternativa é a realização do método de seleção de progênes de meios irmãos com sementes remanescentes, em dois anos, No primeiro, seriam realizados os testes de progênes e no segundo seria ins



talado o lote isolado de recombinação que forneceria as progênes de meios irmãos para o ciclo seguinte. Esse procedimento apresenta o inconveniente de necessitar dois anos para completar um ciclo, porém o ganho por ciclo é maior porque, somente são recombinadas as progênes selecionadas pelo teste de progênes.

Outro problema constatado também no presente trabalho e que outros autores também tem encontrado em seus estudos é a tendência em se selecionar plantas mais precoces durante a realização das recombinações. A tendência natural em se reduzir o número de plantas macho-estéril etiquetadas diariamente, quando se atinge um número pré-determinado, deve ser evitada. Além disso, seria recomendável que se realize a semeadura do lote de recombinação em duas épocas, para possibilitar o intercruzamento de plantas precoces com plantas tardias.

## 8. CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho as seguintes conclusões podem ser relacionadas:

1. A população BRP4B, embora se encontre ainda no primeiro ciclo de seleção, já apresenta uma produtividade de panículas e grãos muito boa, alcançando em média, respectivamente 90,8% e 87,7% da produção dos híbridos comerciais testemunhas.

2. A população BRP4 apresenta uma precocidade bem maior do que a dos híbridos comerciais testemunhas, evidenciada pela média de 60,9 dias para florescimento em comparação com os 67 dias apresentados pelas testemunhas.

3. Os coeficientes de variação genética estimados para a produção de panículas e produção de grãos, respectivamente 20,0 e 20,5%, mostram a grande variabilidade existente para essas características na população BRP4B, embora, aproximadamente 88% dessas variações tenham sido

devidas ao efeito do "stand" sobre a produção, provavelmente, relacionado a maior ou menor tolerância a seca das progênes testadas.

4. A população BRP4B apresenta pouca variabilidade genética entre progênes de meios irmãos para a característica período para florescimento, evidenciada por um baixo coeficiente de variação genética (2,9%).

5. Os progressos esperados na seleção entre progênes de meios irmãos para as características produção de panículas, produção de grãos e período para florescimento respectivamente 19,9%, 20,3% e 3,0%, demonstram que existe amplas possibilidades de seleção para essas características na população BRP4B. Os progressos esperados na seleção para a produção de panículas e grãos poderão não ser reais num ano que apresente condições climáticas altamente favoráveis, mas, em anos de baixa precipitação se farão sentir, devido a seleção para maior tolerância à seca, indiretamente realizada.

6. No método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, como vem sendo utilizado normalmente no melhoramento do milho, há necessidade de se adotar certas adaptações visando utilizá-lo, com a mesma eficiência, no melhoramento de populações de intercruzamento de sorgo.

## 8. SUMMARY

A random mating population of sorghum designated as BRP4B was used. The population was synthesized at the Maize and Sorghum National Research Center, Sete Lagoas, MG, Brazil, by crossing the two populations PP2B and PP6B obtained from Purdue University, USA.

Seventy five half-sib families from BRP4B were evaluated for days to bloom, panicle yield and grain yield in three 5 x 5 lattices with three replications. Two commercial hybrids, namely Contibrasil 2105 and Asgrow-Dourado M were used as checks. Each plot consisted of three rows 8 m long and 0.75 m apart. Only the plants of the central row were used for the evaluation.

Estimated genetic coefficients of variation were high for panicle yield and grain yield (about 20.0%). This value indicate the presence of great genetic variability for these traits in BRP4B population. However, it is estimated that about 88% of the genetic variation found in this population was due to stand variations. It is considered that the

stand variation was related to differences in drought tolerance among the half-sib families. Days to bloom showed small genetic variability, as indicated by the genetic coefficient of variation of 3%.

Eventhough BRP4B population had been selected only for one generation after been synthesized, panicle yield/ha and grain yield/ha are considered reasonably high, since it produced about 90.8% and 87,7% of panicle and grain respectively, when compared to the checks.

The expected genetic gain to be obtained through one cicle of selection among half-sib families is 19.9% for panicle yield/ha, 20.3% for grain yield/ha and 2.5% for days to bloom. The expected genetic gain for panicle and grain yield include the contributions of the half-sib families for yield and the contributions of the drought tolerance. In this connection it is expected that the full genetic gain will be obtained in drier years.

Procedures and adaptations are presented to increase the efficiency of the selection among and within half-sib families in random mating populations of sorghum.

## 10. LITERATURA CITADA

ALLARD, R.W. 1971. *Princípios de melhoramento genético das plantas*. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. 381 p.

DALTON, L.G. 1970. The use of Tropical Germplasm in Sorghum improvement. *Proc. of the Twenty-Fifth Annual Corn and Sorghum Res. Conf.* Chicago, 25: 21-27.

DARRAH, L.L., S.A. EBERHART e L.H. PENNY. 1972. A mayze breeding methods study in Kenya. *Crop. Sci.* Madison, 12: 605-608.

DOGGETT, H. e S.A. EBERHART. 1968. Recurrent selection in Sorghum. *Crop. Sci.* Madison, 8: 119-121.

DOGGETT, H. 1968. Mass selection systems for sorghum. *Crop. Sci.* Madison, 8: 391-393.

- DOGGETT, H. 1970. *Sorghum*. Londres, Longmans, Green and Co, Ltd.  
403 p.
- DOGGETT, H. 1972a. Recurrent selection in sorghum populations. Serere (Uganda). (s. ed ) 29 p.
- DOGGETT, H. 1972b. The improvement of sorghum in East Africa. In: Rao, N.G.P. e L.R. House, coord. *Sorghum in Seventies*. New Delhi, Oxford & IBH Publishing Co. p. 47-59.
- ECKEBIL, J.P. 1974. Evaluation of sorghum random-mating populations through S<sub>1</sub> progeny testing. Lincoln, University of Nebraska. 160 p. (Tese de Ph.D.).
- GARDNER, C.O. 1972. Development of superior populations of sorghum and their role in breeding programs. In: Rao, N.G.P. e L.R. House, Coord. *Sorghum in Seventies*. New Delhi, Oxford & IBH Publishing Co. p. 180-196.
- GOODWIN, J.B., L.M.A. SANS e B.C. AVELAR. 1976. Análise de interação de época de plantio, probabilidade de chuva e consumo de água em milho . Piracicaba, XI<sup>a</sup> Reunião Brasileira de Milho e Sorgo. 18 p.
- INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS. 1974. *Icrisat Annual Report 1973/74*. Hyderabad, 87 p.

- JAN-ORN, J. 1973. Estimates of genetic and environmental components of variance in some quantitative genetic traits from families derived from the NP3R random-mating sorghum population and their application in breeding systems. Lincoln, University of Nebraska. 163 p. (Tese de Ph.D.).
- KAMBAL, A.E. e O.J. WEBSTER. 1965. Estimates of general and specific combining ability in grain sorghum (*Sorghum vulgare* Pers). *Crop. Sci.* Madison 5: 521-523.
- LONNQUIST, J.H. 1964. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop. Sci.* Madison, 4: 227-228.
- MALM, N.R. 1968. Exotic germplasm use in grain sorghum improvement. *Crop. Sci.* Madison, 8: 295-298.
- MARTIN, J.H. 1959. Sorghum and Pearl Millet. *Handbuch Der Pflanzenzuchtung*, Berlim, 2: 565-587.
- MATZLINGER, D.F. 1967. Significance of experimental design in plant breeding- Discussion. In: Frey, K.J. Coord. *Plant Breeding*. Ames-Iowa, The Iowa State University Press. 297 p.
- MIRANDA FILHO, J.B. de, R. VENCovsky e E. PATERNIANI. 1972. Variância genética aditiva da produção de grãos em dois compostos de milho e sua implicação no melhoramento. *Relatório Científico do Instituto de Genética*. Piracicaba. 67 - 73.



PATERNIANI, E. 1967. Selection among and within half-sib families in a Brazilian population of maize. *Crop Sci.* Madison, 7: 212-214.

PATERNIANI, E. 1968. Avaliação do método de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no melhoramento de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba. ESALQ-USP, 92 p. (Tese de concurso para cargo de Professor Catadrático).

PIMENTEL GOMES, F. 1968. *Curso de Estatística Experimental*. 3.<sup>a</sup> ed. Piracicaba, E.S.A. "Luiz de Queiroz" - USP. 404 p.

QUINBY, J.R. 1968. Opportunities of sorghum Improvement. *Proc. of the Twenty-Third Annual Corn and Sorghum Res. Conf.* Chicago, 23: 170-176.

QUINBY, J.R. e K.F. SHERTZ. 1970. Sorghum genetics, breeding and hybrid seed production. In: Wall, J.S. e W.M. Ross, Coord. *Sorghum production and utilization*. Westport- Connecticut, The AVI Publishing Co, Inc. p. 73-117.

ROSS, W.M., C.O. GARDNER e P.T. NORDQUIST. 1971. Population breeding in sorghum. *Grain Sor. Res. and Util. Conf.* College Station, 7: 93-98.

ROSS, W.M. 1973. Use of populaiton breeding in sorghum: Problems and Progress. *Proc. of the Twenty-Eight Annual Corn and Sorghum Res. Conf.* Chicago, 28: 30-43.

SCHERTZ, K.F. 1968. Sorghum Research in the U.S.A. *Proc. of the Twenty-Third Annual Corn and Sorghum Res. Conf.* Chicago, 23: 110-119.

- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE. 1960. *Principles and Procedures of statistics*. New York, Toronto, Londres, Mac Graw - Hill Book Company, Inc. 481 p.
- SULLIVAN, C.Y. 1972. Mechanisms of heat and drought resistance in grain sorghum and methods of measurement. In: Rao, N.G.P. e L.P. House, Coord. *Sorghum in Seventies*. New Delhi, Oxford & IBH Publishing Co. p. 247-275.
- TREVISAN, W.L., R.E. SCHAFFERT e A. BUENO. 1975. Sorghum breeding and improvement in Brazil-Problems and Potential. *Anais da "International Sorghum Workshop"*. Mayaguez (Porto Rico) p. 332-340.
- TREVISAN, W.L. e R.E. SCHAFFERT, 1976. Seleção de progênies de meios irmãos e de progênies  $S_1$  em duas populações de ampla variabilidade de sorgo. Piracicaba, XI.<sup>a</sup> Reunião Brasileira de Milho e Sorgo. 11 p.
- WEBEL, O.D. e J.H. LONNQUIST. 1967. An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn (*Zea mays* L.). *Crop. Sci.* Madison, 7: 651-655.
- ZINSLY, J.R. 1969. Estudo comparativo entre a seleção massal e a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ-USP. 52 p. {Tese de Doutorado}

APENDICE

Tabela 5. Análise da variância do "stand" transformado para raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ) dos experimentos 1, 2 e 3, cada um envolvendo 25 progênes de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso com três repetições, realizados em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75.

F.V.	G.L.	Exp. 1 QM	Exp. 2 QM	Exp. 3 QM
Blocos	2	3,4474	1,2690	1,4077
Tratamentos	24	1,2095**	1,1516**	1,8985**
Resíduo	48	0,3991	0,4796	0,3449
Total	74			
C.V.		10,9%	12,3%	10,0%
Média das progênes a/		32,50	31,80	34,10
Média das testemunhas		35,0	36,0	43,0

a/ - elevada ao quadrado

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 6. Análise da variância dos dados de período para florescimento , em dias, dos experimentos 1, 2 e 3, cada um envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso , com três repetições, realizados em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75.

F.V.	GL	Exp. 1 QM	Exp. 2 QM	Exp. 3 QM
Blocos	2	11,9767	2,2933	31,3733
Tratamentos	24	4,2973**	5,8911**	15,0922**
Resíduo	48	1,6919	2,0294	5,5122
Total	74			
C.V.		2,15%	2,34%	3,81%
Média das progênies		60,4	60,8	61,6
Média das Testemunhas		66,5	66,5	68,0

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela 7.** Análise da variância da produção de panículas sem correção para "stand", em kg/6 m<sup>2</sup>, dos experimentos 1, 2 e 3, cada um envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso, com três repetições realizados em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75.

F.V.	GL	Exp.1 QM	Exp. 2 QM	Exp. 3 QM
Blocos	2	8,2446	0,9284	0,5335
Tratamentos	24	0,7971 **	0,8529*	1,0494**
Resíduo	48	0,2718	0,3946	0,2878
Total	74			
C.V.		22,9%	29,7%	23,7%
Média das progênies		2,27	2,11	2,26
Médias das testemunhas		2,54	2,28	2,56

\* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

**Tabela 8.** Análise da variância da produção de grãos sem correção para "stand", em kg/6 m<sup>2</sup>, dos experimentos 1, 2 e 3, cada um envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso, com três repetições, realizado em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75.

F.V.	GL	Exp. 1 QM	Exp. 2 QM	Exp. 3 QM
Blocos	2	3,9793	0,6707	0,2152
Tratamentos	24	0,4473 **	0,5040 **	0,5819 **
Resíduo	48	0,1674	0,2266	0,1544
Total	74			
C.V.		24,9%	30,7%	23,9%
Média das progênies		1,64	1,55	1,64
Média das testemunhas		1,90	1,71	1,92

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3. Análise de covariância entre produção de panículas (Y) e "stand" (X) do experimento 1 envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso com três repetições, realizado em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{n \text{ stand}''}$ ).

F.V.	Soma de Quadrados e Produtos			GL	SQ	■M	F
	GL	SPXY	SQX				
Blocos	2	16,4892	10,6613	6,8947			
Tratamentos	24	19,1304	19,9348	29,0270			
Resíduo	48	13,0441	12,1903	18,6777	47	5,0878	0,1082
Total	74	48,6638	42,7865	54,5995			
Trat.+Res.	72	32,1745	32,1251	47,7047	71	10,5408	
Tratam. (ajust.)					24	5,4530	0,2272
							2,10**

$$\beta = 0,6526$$

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.



Tabela 10. Análise de covariância entre produção de panículas (Y) e "stand" (X) do experimento 2 envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso com três repetições, realizado em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{"stand"}}$ ).

F.V.	Soma dos Quadrados e Produtos					QM	F
	GL	SOY	SPXY	SQX	GL		
Blocos	2	1,8568	2,1275	2,5379			
Tratamentos	24	20,4687	20,5039	27,6381			
Resíduo	48	18,9426	16,1673	23,0228	47	7,5893	0,1614
Total	74	41,2682	38,7988	53,1988			
Trat. + Res.	72	39,4113	36,6713	50,6609	71	12,8665	
Trat. (ajust.)					24	5,2771	0,2198
							1,36 n.s.

σ = 0,7022

n.s. = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11. Análise de covariância entre produção de panículas (Y) e "stand" (X) do experimento 3, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso com três repetições, realizado em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{stand}}$ ).

F.V.	Somos de Quadrados de Produtos				GL	SQ	QM	F
	GL	SQY	SPXY	SQX				
Blocos	2	1,0671	-1,6971	2,9153				
Tratamentos	24	25,1849	29,2725	45,5632				
Resíduo	48	13,7747	10,0405	16,5568	47	7,6858	0,1635	
Total	74	40,0268	37,6203	64,9353				
Trat. + Res.	72	38,9526	39,3131	62,1200	71	14,0801		
Trat. (Ajust.)					24	6,3942	0,2664	1,63 n.s.

$\hat{\sigma}^2 = 0,6064$

n.s. - não significativo

Tabela 12. Análise de covariância entre produção de grãos (Y) e "stand" (X), do experimento 1, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso, com três repetições realizado em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{n}$ stand").

F.V.	Somos de Quadrados e Produtos					GL	SQ	QM	F
	GL	SOY	SPXY	SQY					
Blocos	2	7,9586	7,3520	6,8947					
Tratamentos	24	10,7340	14,4666	29,0270					
Resíduo	48	8,0354	9,4196	18,6777	47	3,2848	0,0698		
Total	74	26,7281	31,2383	54,5995					
Trat. + Res.	72	18,7694	23,8862	47,7047	71	6,8093			
Trat. (Ajust.)					24	3,5245	0,1468	2,10**	

$\sigma^2 = 0,5043$

\*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

**Tabela 13.** Análise da covariância entre produção de grãos (Y) e "stand" (X), do experimento 2, envolvendo 25 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso, com três repetições realizado em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{stand}^{\text{m}}}$ ).

F.V.	Soma de Quadrados e Produtos						QM	F
	GL	SQY	SPXY	SQX	GL	SQ		
Blocos	2	1,3413	1,7744	2,5379				
Tratamentos	24	12,0952	15,9571	27,6381				
Resíduo	48	10,8755	11,7512	23,0228	47	4,8774	0,1037	
Total	74	24,3121	29,4828	53,1988				
Trat. + Res.	72	22,9707	27,7084	50,6609	71	7,8160		
Trat. (Ajust.)					24	2,9385	0,1224	1,18 n.s.

$$\beta = 0,5104$$

n.s. = não significativo

Tabela 14. Análise de covariância entre produção de grãos (Y) e "stand" (X), do experimento 3, envolvendo do 25 progênes de meios-irmãos da população BRP4B. Blocos ao acaso, com três repetições realizadas em Sete Lagoas (MG) no ano agrícola de 1974/75. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e do "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{stand}}$ ).

F.V.	Somas de Quadrados e Produtos							
	GL	SQY	SPXY	SQX	GL	SQ	QM	F
Blocos	2	0,4304	-0,9862	2,8153				
Tratamentos	24	13,9634	21,7340	45,5632				
Resíduo	48	7,4097	6,6445	16,5568	47	4,7431	0,1009	
Total	74	21,8036	27,3924	64,9353				
Trat. + Res.	72	21,3732	28,3786	62,1200	71	8,4088		
Trat. (Ajust.)					24	3,6656	0,1527	1,51 n.s.

$\beta = 0,4013$

n.s. = não significativo

Tabela 15. Médias de produção de panículas, produção de grãos (kg/ha) , "stand" (número de plantas por fileira) e dias para 50% florescimento com as respectivas amplitudes de variação e coeficientes de variação genética, apresentadas pelas progênes da população BRP4B e pelas testemunhas (híbridos Contibrasil 2105 e Asgrow - Dourado M), testadas no ano agrícola de 1974/75, em Sete Lagoas (MG).

Material	Número de progênes ou híbridos	Produção (kg/ha)					
		Produção de Panículas			Produção de grãos		
		Média	Amplitude	CV.gen%	Média	Amplitude	CV.gen%
BRP4B	75	3680	6210-1180	20,0	2690	3470-850	20,5
Testemunhas	2	4080	4600-3100	-	3060	3450-2330	-

Tabela 15. (continuação)

Material	Florescimento (dias)			"stand" (número de plantas)		
	Média	Amplitude	CV.gen%	Média	Amplitude	CV.gen%
BRP4B	60,9	58 - 69	3,0	32,5	17 - 48	10,1
Testemunhas	67,0	63 - 72	-	38,0	29 - 44	-

Tabela 16. Análises conjuntas da variância dos dados de "stand" transformados para raiz quadrada do número de plantas por fileira -  $\sqrt{\text{"stand"}}$  e dos dados de período para florescimento, em dias, obtidos nos três experimentos, envolvendo 75 progênies da população BRP4B, realizados em Sete Lagoas (MG), no ano agrícola de 1974/75.

FV	GL	<u>"stand"</u>	<u>Florescimento</u>
		QM	QM
Tratamentos	72	1,4198 **	8,4269 **
Resíduo	144	0,4046	3,0292
Média geral das progênies		32,5	60,9
Média geral das testemunhas		38,0	67,0

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 17. Análise conjunta da variância dos dados de produção de panículas e produção de grãos, sem correção para "stand", em kg/6m<sup>2</sup>, obtidos nos três experimentos, envolvendo 75 progênies da população BRP4B, no ano agrícola de 1974/75.

F.V.	GL	<u>Produção de Panículas</u>	<u>Produção de grãos</u>
		QM	QM
Tratamentos	72	0,8998**	0,5110**
Resíduo	144	0,3178	0,1828
Média geral das progênies		2,21	1,61
Média geral das testemunhas		2,46	1,84

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 18. Análise conjunta de covariância entre produção de panículas (Y) e "stand" (X) de três experimentos, em blocos ao acaso, com três repetições, envolvendo 75 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{stand}}$ ).

F.V.	Soma de Quadrados e Produtos							
	GL	SQX	SPXY	SQY	GL	SQ	QM	F
Blocos								
Tratamentos	72	64,7840	69,7112	102,2283				
Resíduo	144	45,7614	38,3981	58,2573	143	20,4527	0,1430	
Total								
Trat. + Res.	216	110,5454	108,1093	160,4856	215	37,7188		
Trat. (Ajust.)					72	17,2661	0,2398	1,67**

$\hat{\sigma}^2 = 0,6591$

\*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade



**Tabela 19.** Análise conjunta de covariância entre produção de grãos (Y) e "stand" (X) de três experimentos, em blocos ao acaso, com três repetições, envolvendo 75 progênies de meios-irmãos da população BRP4B. Dados de produção em kg/6 m<sup>2</sup> e de "stand" em raiz quadrada do número de plantas por fileira ( $\sqrt{\text{stand}}$ ).

F.V.	Somos de Quadrados e Produtos							
	GL	SQY	SPXY	SQX	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	72	36,7926	52,2577	102,2283				
Resíduo	144	26,3206	27,8153	58,2573	143	13,0400	0,0912	
Trat. + Res.	216	63,1132	79,9730	160,4856	215	23,2611		
Trat. (Ajust.)					72	10,2211	0,1420	1,56 *

$\beta = 0.4775$

\* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 20. Valores de correlações entre "stand" e produção, com os respectivos testes  $t$ , obtidos das análises de covariância entre "stand" e produção.

Produção	Correlação com "stand"	
	(r)	Teste t
Panículas	0,74	13,3 ***
Grãos	0,71	12,7 ***

\*\*\* - significativo ao nível de 0,1% de probabilidade.

Tabela 21. Estimativas das variâncias devidas a produção de progênies de meios-irmãos ( $\hat{\sigma}_{p(mi)}^2$ ) e da porção de variância devida à covariância de produção com "stand" ( $\beta^2 \hat{\sigma}_s^2$ ) em kg/6 m<sup>2</sup> e, porcentagem da variância de tratamentos ( $\hat{\sigma}_t^2$ ), para a produção de panículas e produção de grãos.

Parâmetros	Produção de panículas		Produção de grãos	
	Variância	% em relação a $\hat{\sigma}_t^2$	Variância	% em relação a $\hat{\sigma}_t^2$
$\hat{\sigma}_{p(mi)}^2$	0,0323	12,8	0,0169	12,0
$\beta^2 \hat{\sigma}_s^2$	0,2200	87,2	0,1230	88,0
$\hat{\sigma}_t^2$	0,2523	100,0	0,1399	100,0

Tabela 22. Progresso esperado na seleção entre progênies de meios-irmãos envolvendo diferenças de produção devidas à produção em si, e associadas ao efeito de "stand" em kg/ha e, em porcentagem da média de produção da população, para produção de panículas e produção de grãos, supondo-se que os dois efeitos tenham herdabilidades semelhantes.

Progressos esperados	Produção de Panículas		Produção de Grãos	
	kg/ha	% em relação à média da população	kg/ha	% em relação à média da população
Progresso esperado devido ao efeito de produção	88,5	2,55	65,5	2,44
Progresso esperado devido ao efeito de produção associado ao "stand"	645,5	17,35	480,5	17,86
Progresso total	734,0	19,90	546,0	20,30

Tabela 23. Produções médias de panículas e grãos das populações BRP4B original e BRP4B selecionada, sem correção dos tratamentos para "stand" e a produção média de panículas e de grãos da população BRP4B, se esta fosse selecionada pelas produções de progênes corrigidas para "stand" através da análise de covariância entre produção e "stand". Dados em quilos por hectare e, em porcentagem em relação a produção média da população BRP4B original e em relação à média de produção das testemunhas.

Material	kg/ha	Produção de Panículas		Produção de Grãos		
		% em relação a população BRP4B original	% em relação às testemunhas	kg/ha	% em relação a população BRP4B original	% em relação às testemunhas
BRP4B sel (s/corr.)a/	4420	119,9	108,4	3240	120,3	105,6
BRP4B sel (c/corr.)a/	3880	105,5	95,1	2810	104,4	91,8
BRP4B original	3680	100,0	90,0	2690	100,0	87,7
Testemunhas b/	4080	110,8	100,0	3060	113,7	100,0

a/ intensidade de seleção de 20%

b/ testemunhas:- híbridos Contibrasil 2105 e Asgrow - Dourado M.

Tabela 24. Estimativas da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) e da variância entre progênes de meios-irmãos ( $\hat{\sigma}_{mi}^2$ ) ao nível de parcelas e ao nível de indivíduos, do coeficiente de variação genética (CVG) e do ganho esperado através da seleção entre progênes de meios-irmãos para a característica período para florescimento.

Número de Progênes	$\hat{\sigma}_{mi}^2$		$\hat{\sigma}_A^2$		CVG %	b/ Progresso na seleção entre progênes dias
	ao nível de parcelas dias <sup>2</sup>	ao nível de indivíduos x 10 <sup>-3</sup> dias <sup>2</sup> a/	ao nível de parcelas dias <sup>2</sup>	ao nível de indivíduos x 10 <sup>-3</sup> dias <sup>2</sup> a/		
75	1,7992	0,7810	7,1970	3,1240	2,95	1,5

a/ - "stand" = 48 plantas

b/ - intensidade de seleção de 20%