AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIOS IRMÃOS “PER SE”
E EM “TOPCROSS” DO COMPOSTO
CHSF br₂ DE MILHO (*Zea mays* L.)

PAULO EDUARDO TELLES DOS SANTOS

Engenheiro Agrônomo
Engenheiro Florestal

Orientador : Prof. Dr. JOÃO RUBENS ZINSKY

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração : Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro, 1985

Aos meus pais
e irmãos

OFEREÇO.

À memória e aos
ideais de
Luiz de Queiroz

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. João Rubens Zinsly, pela valiosa orientação e sincera amizade;
- Ao Prof. Dr. Ernesto Paterniani e ao Prof. Dr. João Lúcio de Azevedo, pelas oportunidades oferecidas como Chefes do Departamento e Instituto de Genética da ESALQ/USP;
- Ao Prof. Dr. José Roberto Môro, pelas críticas e sugestões;
- À Prof^a Dr^a Maria Ruth Buzzato Aleoni, pela colaboração no processamento de dados dos experimentos;
- Aos demais professores do Departamento de Genética da ESALQ/USP, responsáveis pelos ensinamentos;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida para a realização do Curso;
- Aos funcionários do Departamento e Instituto de Genética que colaboraram na execução dos trabalhos de campo e processamento de dados;
- Aos Eng^{os} Agr^{os} M.S. Francisco Ide, Oscar F.S. Pontes, Carlos A. Labate, Itamar Soares de Melo e Juan F.A. Morán, pela colaboração prestada;
- À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Melhoramento de populações de milho	3
2.2. Generalidades acerca do teste "topcross"	11
2.3. Comparações entre progênes S_1 "per se" e em "topcross"	16
2.4. Comparações entre progênes de meios irmãos "per se" e em "topcross"	20
2.5. Progênes "per se" e em "topcross" na seleção recorrente	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Material	27
3.1.1. Obtenção dos compostos	27
3.1.2. Obtenção das progênes "per se"	28
3.1.3. Obtenção das progênes "topcross"	28
3.1.4. Descrição das testemunhas	29
3.2. Métodos	31
3.2.1. Ensaios de produção das progênes "per se"	31
3.2.2. Ensaios de produção das progênes "topcross"	33
3.2.3. Análise estatística dos resultados	34
3.2.4. Correlação entre os métodos de avalia- ção	35

4. RESULTADOS	36
5. DISCUSSÃO	46
6. CONCLUSÕES	54
7. LITERATURA CITADA	55
TABELAS	63

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1 - Médias de produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/ha, das progênies avaliadas, selecionadas e das testemunhas, obtidas dos experimentos para avaliação das progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1981/82	39
TABELA 2 - Médias de produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/ha, das testemunhas utilizadas nos experimentos de avaliação das progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1981/82	39
TABELA 3 - Médias de produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/ha, das progênies avaliadas, selecionadas e das testemunhas, obtidas dos experimentos para avaliação das progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1982/83.....	42
TABELA 4 - Médias de produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/ha, das testemunhas utilizadas nos experimentos de avaliação das progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1982/83	42

TABELA 5 - Valores percentuais, em relação à produção média das testemunhas dos respectivos experimentos, das progênies "per se" e "topcross" selecionadas que constaram em ambos os métodos de avaliação	45
TABELA 6 - Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2 m ² , do Experimento 1, em látice simples 10 x 10, correspondente à avaliação de 100 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1981/82	64
TABELA 7 - Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade em kg/5,2 m ² , do Experimento 2, em látice simples 10 x 10, correspondente à avaliação de 100 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1981/82.	65
TABELA 8 - Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade em kg/5,2 m ² , do Experimento 3, em látice simples 10 x 10, correspondente à avaliação de 100 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1981/82	66

TABELA 9 - Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de <u>um</u> idade, em kg/5,2 m ² , do Experimento 4, em lâttice simples 10 x 10, correspondente à avaliação de 100 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1981/82	67
TABELA 10 -Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de <u>um</u> idade, em kg/5,2 m ² , do Experimento 5, em lâttice simples 10 x 10, correspondente à avaliação de 100 progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1982/83	68
TABELA 11 -Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de <u>um</u> idade, em kg/5,2 m ² , do Experimento 6, em lâttice simples 10 x 10, correspondente à avaliação de 100 progênies "tcpcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1982/83	69
TABELA 12 -Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de <u>um</u> idade, em kg/5,2 m ² , do Experimento 7, em lâttice simples 10 x 10, correspondente à avaliação de 100 progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1982/83	70

TABELA 13 -Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2 m ² , do Experimento 8, em látice simples 10 x 10, correspondente à avaliação de 100 progênies "topcross" do CHSF br2: Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1982/83	71
--	----

LISTA DE FIGURAS

Página

- FIGURA 1 - Histograma das frequências relativas para produção de espigas despalhadas, das 400 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1981/82 43
- FIGURA 2 - Histograma das frequências relativas para produção de espigas despalhadas, das 400 progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1982/83 44

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIOS IRMÃOS
"PER SE" E EM "TOPCROSS" DO COMPOSTO
CHSF br2 DE MILHO (*Zea mays* L.)

Autor: PAULO EDUARDO TELLES DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. João Rubens Zinsly

RESUMO

Esse estudo visou comparar dois métodos de avaliação de progênies de meios irmãos de milho, com o intuito de se obterem populações melhoradas.

Foram utilizadas 400 progênies de meios irmãos obtidas a partir do Composto Híbrido Simples "Flint" Braquítico (CHSF br2), avaliadas "per se" e em "topcross" com a população Composto Híbrido Simples Dentado Braquítico (CHSD br2), no que se refere à produção de espigas despalhadas.

A avaliação das progênies "per se" foi realizada no ano agrícola de 1981/82, através de quatro lâtes simples 10 x 10. No caso das progênies "topcross", a avaliação foi realizada no ano agrícola de 1982/83, também através de quatro lâtes simples 10 x 10. A produção média, das progênies avaliadas, foi de 4.633 kg/ha para as progênies "per se" e de 3.364 kg/ha para as progênies "topcross". No ano agrícola de 1982/83 as condições ambientais foram menos favoráveis, principalmente em relação à precipitação e pragas.

Posteriormente, selecionaram-se as 25% melhores progênies "per se" e em "topcross", visando obter uma amostra de 100 progênies selecionadas em cada caso.

A produção média, das progênies selecionadas, foi de 5.841 kg/ha para as progênies "per se" e de 4.150 kg/ha para as progênies "topcross". As produções relativas das amostras selecionadas, em relação à média das testemunhas, foram de 95,33% e 113,51%, respectivamente.

A comparação dos métodos de avaliação, na habilidade de discriminar os melhores genótipos, foi efetuada através da determinação do coeficiente de correlação para vinte e três progênies que eram comuns às amostras selecionadas pelos dois métodos.

O resultado obtido ($r = +0,0719^{n.s.}$) permitiu concluir que, nas condições em que foi conduzido o estudo, não houve correlação entre as produções de progênies de meios irmãos avaliadas "per se" e em "topcross", indicando que os dois tipos de avaliação foram diferentes na detecção dos genótipos superiores.

Além disso, verificou-se uma redução da variância entre as produções médias das progênies "topcross" (C.V. gen. = 7,86%) em relação às progênies "per se" (C.V. gen. = 12,53%). Esse efeito provavelmente pode ser explicado pelo fato dos alelos introduzidos pelo testador terem causado uma diminuição das diferenças genéticas nas progênies avaliadas em cruzamentos.

EVALUATION OF HALF-SIB PROGENIES "PER SE"
AND BY TOPCROSS OF MAIZE (*Zea mays* L.)
COMPOSITE CHSF br2.

Author: PAULO EDUARDO TELLES DOS SANTOS

Adviser: Prof. Dr. JOÃO RUBENS ZINSKY

SUMMARY

This research aimed to compare two evaluation methods of half-sib progenies of maize, with the purpose to obtain improved populations.

Four hundred half-sib progenies, obtained from Composto Híbrido Simples "Flint" Braquitico (CHSF br2), evaluated "per se" and by topcross with the population Composto Híbrido Simples Dentado Braquitico (CHSD br2) were compared for ears production.

The evaluation of progenies "per se" was done in 1981/82 through four 10 x 10 single lattices. For the progenies topcross, the evaluation was done in 1982/83 also using four 10 x 10 single lattices. The mean yield of progenies "per se" evaluated was 4.633 kg/ha and 3.364 kg/ha for progenies topcross. In 1982/83 the environmental conditions were less favorable, mainly in regard to precipitation and pests.

After, the best 25% progenies "per se" and progenies topcross were selected, aiming to obtain a sample of 100 selected progenies in each case.

The mean yield of selected progenies was 5.841 kg/ha for progenies "per se" and 4.150 kg/ha for progenies topcross. The relative productions of selected samples, in regard to mean of the checks, were 95,33% and 113,51%, respectively.

The comparison of the evaluation methods, in ability to discriminate the best genotypes, was done through correlation coefficient for twenty-three progenies commons to both methods.

The result obtained ($r = +0,0719^{ns}$) permitted to conclude that there was no correlation between ears production of half-sib progenies evaluated "per se" and by topcross in such experimental conditions, indicating that the two types of evaluation were distinct in detection of the superior genotypes.

Furthermore, it was verified a reduction of genetic range between means of ears production of progenies topcross (C.V.gen. = 7,86%) compared with the progenies "per se" (C.V.gen. = 12,53%). This effect probably can be explained by the fact of the alleles introduced by the tester had caused a reduction of genetic differences among progenies evaluated in crosses.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal de destacada importância na alimentação humana e animal na maioria dos países do Mundo. Originário do México, há evidências que sua domesticação iniciou-se há aproximadamente 7.000 anos atrás (MANGELSDORF, 1965 e GOODMAN, 1979), constituindo-se uma das espécies vegetais de mais antiga domesticação pelo homem e uma das mais estudadas do ponto de vista genético e citogenético.

Existem cerca de 250 raças de milho (GOODMAN e SMITH, 1978), refletindo a manipulação da planta nas mais diversas condições ambientais e a existência de uma enorme variabilidade genética passível de ser explorada pelos geneticistas e melhoristas.

Atravessando inúmeras fases de seleção em sua história evolutiva, o milho atualmente vem sendo submetido a programas de melhoramento orientados para as mais diversas finalidades, ampliando seu potencial no atendimento das necessidades humanas.

Desde a fase de seleção massal, praticada em

piricamente por tribos indígenas há tempos imemoriais, até as últimas décadas, quando se introduziu o milho híbrido, houve substanciais modificações tanto na planta como nas técnicas agrícolas relacionadas com a sua exploração econômica. Os progressos advindos com o melhoramento foram sendo notados e, em anos mais recentes, o esforço foi orientado para a obtenção de populações melhoradas. Atualmente, o milho está também ingressando na fase da Engenharia Genética, a qual seguramente abrirá novas perspectivas para o melhoramento da espécie e para a pesquisa básica.

No melhoramento de populações de milho, são freqüentemente utilizadas progênies de meios irmãos, isto é, aquelas em que apenas o progenitor feminino é comum à descendência. Para a identificação das melhores progênies, visando atender as necessidades do programa de melhoramento, existem diversos métodos para avaliá-las, como por exemplo a avaliação com base no comportamento "per se" e em cruzamentos ("top-cross").

O objetivo do presente estudo foi comparar dois métodos de avaliação de progênies de meios irmãos de milho, no que se refere à produção de espigas despalhadas. Nesse sentido, o desempenho de progênies do Composto Híbrido Simples "Flint" Braquítico (CHSF br2), avaliadas "per se", foi comparado com o desempenho dos "topcrosses" dessas mesmas progênies com um testador de base genética ampla, representado pelo Composto Híbrido Simples Dentado Braquítico (CHSD br2) original.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Melhoramento de populações de milho

Os primeiros resultados registrados acerca do aumento da produtividade do milho datam do final do século passado e início do atual. Nessa época, porém, os progressos conseguidos com o melhoramento foram relativamente pequenos.

Apesar de EAST (1908) e SHULL (1909) terem descoberto independentemente o fenômeno genético da heterose, manifestado fenotipicamente pelo vigor dos híbridos, seu aproveitamento só se tornou efetivo através da sugestão do milho híbrido duplo, feita por JONES (1918 e 1922). Dada a facilidade e economicidade na obtenção desse tipo de material, o esforço dos melhoristas a partir de então voltou-se inteiramente à obtenção de híbridos cada vez mais produtivos.

No entanto, por volta de 1935-40, conforme apontado por PATERNIANI (1969), os melhoristas de milho começaram a mostrar uma certa preocupação, uma vez que os resultados de

produção sugeriram que um teto havia sido atingido, pois os progressos que obtiveram não mais correspondiam aos esforços dispendidos. Numa tentativa de superar tal situação, foram sugeridos inúmeros métodos de obtenção e avaliação de linhagens endogâmicas. Todavia, as novas técnicas não resolveram o problema de obtenção de híbridos mais produtivos.

Paralelamente ao desenvolvimento dos programas de obtenção de milho híbrido, no início do século estabeleceu-se também a base teórica da Genética Quantitativa. Assim, esses estudos, somados a outros mais recentes, possibilitaram um melhor entendimento da variação fenotípica e dos componentes genéticos e ambientais (LIMA, 1977).

De acordo com IDE (1983), no desenvolvimento de linhagens endogâmicas a serem utilizadas na produção de híbridos, a grande dificuldade reside na sua avaliação, sendo que uma das questões envolvidas diz respeito ao estágio de endogamia em que os testes para capacidade de combinação devem ser feitos de modo mais eficiente.

Durante o período em que aparentemente havia sido atingido um teto de produção para o milho (1935-40), HULL (1945) atentou para o fato de não estarem ocorrendo alterações nas frequências gênicas das populações básicas, sendo que as linhagens obtidas a partir delas refletiam essas frequên-
cias. Assim, sugeriu-se que um incremento da frequência dos alelos favoráveis nessas populações possibilitaria a obtenção de melhores linhagens.

COMSTOCK e ROBINSON (1948 e 1952), através da aplicação dos estudos feitos por FISHER três décadas antes, estudaram a decomposição da variância hereditária. Os autores encontraram que o principal componente da variância, responsável pela produção, era devido a efeitos gênicos aditivos, evidenciando que métodos simples de seleção seriam eficientes, tais como a seleção massal e a seleção espiga por fileira.

Assim, através da caracterização e quantificação da variância genética aditiva em populações de milho, verificou-se que as mesmas eram portadoras de suficiente variabilidade genética aditiva, comprovando que um controle ambiental adequado na avaliação dos materiais proporcionariam ganhos de seleção expressivamente superiores aos conseguidos no início do século, descartando a crença de que a variabilidade genética havia sido esgotada.

Tomando como base essas constatações, LONQUIST (1960 e 1964) e GARDNER (1961) fizeram uma reavaliação dos métodos de seleção massal e espiga por fileira, introduzindo modificações capazes de reduzir o efeito ambiental e, assim, tornar a seleção mais efetiva. Com as modificações, os métodos foram denominados seleção massal estratificada e seleção espiga por fileira modificado. Posteriormente, PATERNIANI (1967) sugeriu que o último método passasse a ser denominado seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, por tratar-se essencialmente de um processo de avaliação e seleção de progê-

nies de polinização livre, para em seguida se proceder à seleção das melhores plantas dentro das progênies selecionadas.

Quando os trabalhos de seleção recorrente confirmaram que a variância genética aditiva poderia ser eficientemente utilizada no melhoramento, grande ênfase foi dada ao melhoramento de populações de milho.

JENKINS (1940) foi quem primeiramente fez menção ao esquema de seleção recorrente, através dos resultados de seus experimentos relativos à avaliação precoce de linhagens de milho para capacidade geral de combinação. Entretanto, a expressão "seleção recorrente", com o significado de se proceder a reSeleção, geração após geração, intercruzando-se os materiais selecionados para se proceder a recombinação gênica, foi sugerida por HULL (1945).

O conceito de seleção recorrente é bastante amplo e significa um processo contínuo de melhoramento, onde se sucedem ciclos de recorrência. O método consiste, basicamente, na seleção dos indivíduos superiores de uma população, sendo que a seguir esses indivíduos são intercruzados para se obter a população de primeiro ciclo. Na população resultante, o processo é repetido, obtendo-se o ciclo seguinte. Sob esse conceito, inúmeros métodos de seleção se enquadram no processo de seleção recorrente. Essa modalidade de seleção visa aumentar continuamente a frequência dos alelos favoráveis, em cada "locus", através de sucessivos ciclos de seleção (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1978).

Apesar de se considerar todos os métodos de melhoramento de populações como sendo tipos diferentes de seleção recorrente, alguns métodos têm sido relatados na literatura (SPRAGUE, 1955) como tipos bem definidos e particulares de seleção recorrente: seleção recorrente fenotípica, seleção recorrente para capacidade geral de combinação, seleção recorrente para capacidade específica de combinação e seleção recorrente recíproca.

A seleção recorrente fenotípica tem sido aplicada aos casos nos quais o fenótipo da planta S_0 constitui a unidade de seleção. É, assim, aplicável a caracteres de alta herdabilidade, com ação gênica do tipo aditiva. Nesse esquema, não é necessário que os genótipos a serem avaliados sejam cruzados com um testador, uma vez que os caracteres podem ser devidamente avaliados nos próprios indivíduos, nem efetuar autofecundações (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1978).

JENKINS (1940) foi quem sugeriu o esquema de seleção recorrente para capacidade geral de combinação. Esse método mostrou-se adequado para caracteres cuja herança é em grande parte devida à efeitos gênicos aditivos e com herdabilidade relativamente baixa. O método consiste em se autofecundar um número adequado de plantas numa população heterogênea, cruzando-se essas plantas autofecundadas com um testador de base genética ampla. Em seguida, são conduzidos ensaios, sendo que os melhores genótipos são intercruzados para se obter a população melhorada.

A seleção recorrente para capacidade específica de combinação foi proposta por HULL (1945). O esquema original consistia em se autofecundar plantas de uma população heterogênea e depois cruzá-las com uma linhagem testadora, ou seja, com um material de base genética restrita, diferindo do esquema anterior apenas por esse aspecto. Com base nesses cruzamentos, as melhores linhagens autofecundadas seriam recombinadas. O autor sugeriu esse esquema admitindo que os genes sobredominantes eram grandemente responsáveis pela heterose. A idéia básica do método era a de concentrar numa população heterogênea os alelos que dariam máxima heterose em relação a um testador particular.

Esse método tem apresentado algumas limitações, encontrando por isso certa resistência por parte dos melhoristas de milho em sua aplicação. A principal delas é que há evidências de que grande parte da heterose é devida à ação gênica do tipo dominante e não sobredominante (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1978).

A seleção recorrente recíproca foi sugerida por COMSTOCK, ROBINSON e HARVEY (1949) e constitui um método para melhorar a resposta heterótica entre duas populações, procurando aproveitar ao máximo os efeitos gênicos, quer sejam aditivos, dominantes ou sobredominantes. Na seleção recorrente recíproca, duas populações básicas A e B são utilizadas. Em cada ciclo, os melhores genótipos de A, que resultam em maior heterose em cruzamentos com B e os melhores de B, que apresen

tam maior heterose em cruzamentos com A, são recombinados entre si, obtendo-se novas populações A_1 e B_1 . Consequentemente, melhores linhagens podem ser obtidas progressivamente nos sucessivos ciclos de seleção.

No Brasil, PATERNIANI e VENCOVSKY (1977) sugeriram um esquema de seleção recorrente recíproca utilizando progênies de meios irmãos, em que procurou-se adaptar o método espiga por fileira à seleção recorrente recíproca. Um outro esquema, desenvolvido com base no anterior e denominado seleção recorrente recíproca com progênies de meios irmãos obtidas de plantas prolíficas, foi igualmente proposto por PATERNIANI e VENCOVSKY (1978).

Outras modificações e tipos de progênies têm sido relatadas na literatura (HALLAUER, 1967; LONNQUIST e WILLIAMS, 1967 e HALLAUER e EBERHART, 1970) para o melhoramento simultâneo de duas populações. Porém, têm sido empregadas menos intensamente pelos melhoristas de milho em seus programas de melhoramento.

Mais recentemente, tem havido uma preocupação por parte dos melhoristas de milho em formar compostos, por apresentarem potencialmente mais variabilidade genética que as populações individuais. Um composto é sintetizado pelo intercruzamento de um certo número de populações parentais, durante um certo número de gerações, até que se processe uma adequada recombinação genética (VENCOVSKY et alii, 1971).

Segundo PATERNIANI (1968), a finalidade bási-

ca dos compostos é a de melhor aproveitar a variabilidade genética existente nos diferentes materiais, sendo que a disponibilidade de compostos especiais, representando inúmeros tipos de milho, têm oferecido boas oportunidades de seleção para as mais diversas características.

Vale ressaltar que nas regiões tropicais e subtropicais do Mundo, as plantas de milho, por serem tipicamente altas e, portanto, mais susceptíveis ao acamamento, dificultam e aumentam as perdas por ocasião da colheita. Assim, os melhoristas têm dado atenção especial à altura da planta e da espiga no melhoramento de populações, num esforço de minimizar esses problemas (SOUZA JR. e ZINSKY, 1981).

Outro aspecto que merece ser destacado no melhoramento do milho é o potencial do uso de germoplasmas exóticos e mesmo outras espécies (*Zea mexicana* e *Tripsacum dactyloides*), na transferência de certos caracteres qualitativos, tais como resistência a pragas e doenças. Apesar de existirem poucos estudos relativos a caracteres quantitativos, têm-se demonstrado que é possível aumentar a heterose ou a divergência genética entre populações a serem melhoradas usando tais fontes de germoplasma (COHEN e GALINAT, 1984).

Na opinião de HALLAUER e MIRANDA FILHO (1981), os programas de melhoramento de milho devem incluir três importantes fases para cumprirem seus objetivos de curto, médio e longo prazos: 1º) escolha do germoplasma; 2º) melhoramento cíclico do germoplasma escolhido e, 3º) desenvolvimento de li-

nhagens para uso como estoques parentais na produção de híbridos simples (nas áreas que requerem híbridos) e desenvolvimento de variedades melhoradas, sintéticos e compostos (nas áreas onde os híbridos não sejam de uso corrente).

De acordo com os aspectos considerados, nota-se que foi a partir do início do século que o melhoramento do milho começou a sofrer as suas mais profundas alterações. A sugestão do milho híbrido contribuiu decisivamente para a elevação da produtividade da cultura. Contudo, a euforia inicial teve curta duração.

Já por volta de 1935 - 40, os ganhos genéticos começaram a ficar cada vez mais difíceis de serem conseguidos. Esse problema só foi contornado quando se pensou em elevar a frequência dos alelos favoráveis nas populações básicas.

Paralelamente ao desenvolvimento de novas soluções, desenvolveram-se também estudos sobre a dedução dos componentes da variância hereditária. Assim, por volta de 1950, descobriu-se que a variância genética aditiva era grandemente responsável pela produção. Comprovou-se, então, que parte do insucesso se devia à falta de um melhor controle ambiental na avaliação de genótipos e na prevenção de contaminações por pólen estranho, pois a variabilidade genética aditiva era ainda muito expressiva nas populações.

A partir do momento que os trabalhos de seleção recorrente comprovaram a grande importância da variância

genética aditiva para a produção de milho, iniciaram-se os trabalhos de melhoramento de populações.

O melhoramento de populações, seja praticado pelos tipos específicos de seleção recorrente ou não, têm contribuído de forma marcante na elevação da produtividade e na melhoria de características agrônômicas de híbridos e variedades de milho, correspondendo aos esforços empreendidos pelos melhoristas no aproveitamento da variabilidade genética presente nas populações.

2.2. Generalidades acerca do teste "topcross"

O fator principal para se obter progresso genético em qualquer programa de melhoramento fundamenta-se na habilidade do melhorista em identificar os genótipos superiores da população com a qual trabalha. Nesse sentido, as alternativas mais apropriadas devem ser utilizadas, com o objetivo precípuo de tornar o processo eficiente e em concordância com as previsões efetuadas.

O uso do teste "topcross", sob essa denominação, no melhoramento de milho, foi primeiramente sugerido por DAVIS (1927), consistindo em um tipo de teste de progênie em que se fazia o cruzamento de uma linhagem com uma variedade de base genética ampla, com o intuito de se avaliar a sua capacidade de combinação.

Pouco tempo depois, LINDSTROM (1931) também sugeriu a utilização do "topcross" na avaliação de linhagens de milho, ao verificar que algumas linhagens se destacavam em seu comportamento quando em combinações híbridas. Contudo, os resultados apresentados por JENKINS e BRUNSON (1932) provavelmente foram os responsáveis pela larga aceitação do método, destacando que o "topcross" se caracterizava por ser um método simples de avaliação de linhagens de milho para posterior uso em cruzamentos. Os autores encontraram que variedades de polinização aberta, utilizadas como testadores na avaliação preliminar de linhagens, resultaram correlações positivas e significativas entre as produções dos "topcrosses" e as produções médias de vários cruzamentos simples envolvendo as correspondentes linhagens.

JENKINS (1934) fez um estudo comparativo de quatro métodos para avaliar o desempenho de híbridos duplos de milho, três dos quais utilizando informações dos híbridos simples e o quarto utilizando apenas as informações dos "topcrosses" das linhagens parentais. Os resultados de produção encontrados indicaram que as informações obtidas a partir dos "topcrosses" poderiam ser utilizadas na avaliação do desempenho de híbridos duplos entre as linhagens.

Nesse mesmo sentido, JOHNSON e HAYES (1936) também relataram que linhagens obtidas a partir da variedade de milho doce "Golden Bantam" que apresentavam altas produções em "topcross" com a variedade parental, foram as que resultaram

os melhores híbridos simples. Isso permitiu aos autores concluir que o teste "topcross" seria um método rápido e adequado para a avaliação preliminar da capacidade de produção das linhagens em combinações híbridas.

Complementando esses aspectos, St. JOHN (1934) ressaltou que, do ponto de vista prático, o uso de "topcross" apresentaria facilidade para a obtenção de sementes, bastando para isso despendoar as linhagens a serem polinizadas pelo testador. Além disso, poucas espigas constituiriam uma amostra representativa da linhagem. Da mesma forma, o pólen oriundo de diversas plantas do testador proporcionaria uma amostra adequada do mesmo. Se as linhagens diferissem quanto ao número de dias para florescimento, seria possível semear o testador em duas ou mais épocas, visando evitar cruzamentos preferenciais.

Recentemente, Baktash et alii (1981), citados por MORÁN (1984), ao estimarem coeficientes de correlação entre "topcrosses" e cruzamentos dialélicos obtidos do cruzamento de dez linhagens, encontraram correlações positivas e significativas entre os "topcrosses" e os híbridos simples para várias características, tais como produção de grãos, número de grãos por espiga e comprimento da espiga, indicando que o método pode ser utilizado eficientemente na avaliação de linhagens de milho.

De acordo com HALLAUER e MIRANDA FILHO (1981), o uso do "topcross" ou "testcross" no melhoramento de milho

visa atender a duas finalidades: 1.^a) avaliação da capacidade de combinação de linhagens num programa de obtenção de híbridos e, 2.^a) avaliação de genótipos (plantas) de uma população a ser melhorada.

Assim, com a introdução dos conceitos de capacidade geral de combinação e capacidade específica de combinação por SPRAGUE e TATUM (1942), surgiram novas utilizações para o uso do teste "topcross". Quando se utiliza como testador um material de base genética ampla, a seleção é para capacidade geral de combinação. No caso de se utilizar um material de base genética restrita, a seleção é para capacidade específica de combinação.

A partir de então, o teste "topcross" foi largamente utilizado como um meio de se estimar a capacidade de combinação de novas linhagens de milho (GREEN, 1948). O autor relata que híbridos simples, duplos ou múltiplos, bem como variedades sintéticas, foram utilizados como testadores em "topcrosses", apesar de existirem poucos dados comparativos no que concerne ao valor relativo dos diferentes testadores.

Segundo GENTER e ALEXANDER (1962), uma vez que a avaliação definitiva de uma linhagem depende de sua capacidade de combinação em cruzamentos, é conveniente que as avaliações das linhagens durante as autofecundações sejam feitas com base nas suas capacidades geral e específica de combinação.

Além disso, a seleção feita com base no desem-

penho de progênies em "topcross" tem sido extensivamente utilizada no melhoramento de populações, sendo relatados muitos resultados positivos (Sprague, Russell e Penny, 1959; Douglas et alii, 1961; Lonnquist, 1961; Penny, Russell e Sprague, 1962; Horner et alii, 1963; Penny et alii, 1963; Moll e Robinson, 1966 e Penny, 1968, citados por HORNER et alii, 1969).

A primeira sugestão do uso do "topcross" para a avaliação de linhagens de milho data de 1927. Em pouco tempo, o método foi aceito pelos melhoristas, sendo então empregado extensivamente nos programas de obtenção de híbridos. A partir da introdução dos conceitos de capacidade geral e específica de combinação, o uso do "topcross" tornou-se uma importante ferramenta para os melhoristas, tanto para a obtenção de híbridos, como para a obtenção de populações melhoradas.

2.3. Comparações entre progênies S_1 "per se" e em "topcross"

As primeiras comparações entre o desempenho de progênies S_1 avaliadas "per se" e em "topcross" foram relatadas por Davis (1934), Browne (1949) e Jugenheimer (1958), citados por GENTER e ALEXANDER (1962).

Segundo GENTER e ALEXANDER (1962), o "topcross" para a avaliação de genótipos apresenta várias característi-

cas indesejáveis associadas com a introdução de alelos do testador. Teoricamente, o testador contribui com 50% dos alelos no "topcross". Assim, somente 50% dos alelos da constituição genética do "topcross" representariam os genótipos S_0 a serem avaliados. Além desse efeito, os alelos do testador podem interagir com os alelos dos genótipos a serem avaliados, por ações gênicas de dominância, epistasia ou complementariedade. Se essas interações genéticas ocorrerem, diferenças no desempenho fenotípico dos "topcrosses" não representariam as diferenças dos genótipos S_0 .

Para avaliar esses efeitos, GENTER e ALEXANDER (1962) fizeram um relato sobre a primeira fase de um estudo para comparar a seleção feita com base no desempenho de progênies S_1 "per se", com a seleção feita através dos "topcrosses" das respectivas plantas S_0 , para produção de grãos e vários caracteres agronômicos. Plantas de quatro variedades sintéticas foram autopolinizadas e cruzadas com dois híbridos simples testadores. A variância entre médias de progênies S_1 "per se" foi maior que a de progênies "topcross". O desempenho de progênies S_1 "per se" estava altamente correlacionado com os "topcrosses", o mesmo se verificando para os "topcrosses" em relação aos híbridos simples.

HORNER (1963), ao comparar o desempenho de linhagens S_1 "per se" com a avaliação de plantas S_1 para capacidade geral de combinação, concluiu que o progresso seria maior com a seleção feita com base nas linhagens S_1 "per se".

Por sua vez, KOBLE e RINKE (1963), ao efetuarem um estudo comparativo entre um grupo aleatório de linhagens S_1 , avaliadas "per se" e em "topcross" com um testador relacionado e outro não relacionado, encontraram uma alta correlação para produção e vários caracteres agronômicos entre as linhagens S_1 "per se" e em "topcross", bem como entre os dois grupos de "topcrosses".

LONNQUIST e LINDSEY (1964), num estudo semelhante, verificaram que a variação em expressão das diversas características medidas foi muito maior entre as linhagens S_1 "per se" do que entre os "topcrosses" com um testador relacionado e outro não relacionado. As correlações para produção entre os três conjuntos de avaliações foram altamente significativas. Apesar disso, os autores as consideraram baixas para se fazer previsões. Nesse estudo, selecionaram-se as linhagens mais produtivas em cada um dos três métodos de avaliação, a fim de serem recombinadas e formarem novas populações. O número de linhagens selecionadas variou de dezenove a vinte e cinco para um total de 169 disponíveis. Verificou-se que apenas duas linhagens eram comuns aos três métodos, seis eram comuns às linhagens S_1 "per se" e aos "topcrosses" com o testador não relacionado, cinco eram comuns às linhagens S_1 "per se" e aos "topcrosses" com o testador relacionado e, finalmente, cinco eram comuns entre os dois grupos de "topcrosses". Posteriormente, as três linhagens de produção mais alta e as

três de produção mais baixa, com base em cada tipo de avaliação, foram cruzadas em todas as combinações possíveis.

Mais tarde, LONNQUIST (1968), relatou os resultados obtidos com as populações derivadas e com os cruzamentos das linhagens. A população desenvolvida a partir de linhagens avaliadas em "topcross" com a população parental foi a única nova população que exibiu um aumento significativo na produção em relação à população parental original, apresentando um valor da ordem de 15%. A seleção de linhagens S_1 "per se" conferiu um aumento de 4% na produção, enquanto que não se verificou qualquer progresso com a seleção feita com base no "topcross" com o testador não relacionado. Os intercruzamentos mais produtivos também envolveram linhagens que foram selecionadas com base no desempenho dos "topcrosses" com o testador relacionado.

Num estudo conduzido por TORREGROZA e HARPSTEAD (1965), sessenta e cinco linhagens S_1 de uma variedade sintética de milho foram avaliadas "per se" e em "topcross" com testadores relacionados e não relacionados. As correlações encontradas para diversos caracteres foram relativamente baixas entre os diferentes métodos de avaliação.

As comparações entre progênies S_1 avaliadas "per se" e em "topcross" (S_0 x testador ou S_1 x testador) têm apresentado resultados contraditórios. Entretanto, vários trabalhos evidenciam a existência de uma alta correlação entre os dois métodos de avaliação. No que se refere aos progressos

advindos com a seleção, ora a avaliação "per se" mostrou - se mais efetiva, ora a avaliação em "topcross". O emprego de um testador inadequado provavelmente mascara as diferenças entre os genótipos a serem avaliados. A divergência dos resultados, portanto, é perfeitamente compreensível, ficando implícito a importância de se dispor de um bom testador.

2.4. Comparações entre progênes de meios irmãos "per se" e em "topcross".

No Brasil, ILLG (1969) estudou a correlação para produção de grãos entre progênes de meios irmãos avaliadas "per se" e em "topcross", das variedades de milho "Piramex" e "Cateto". O autor verificou que a correlação existente entre progênes de meios irmãos "per se" da variedade "Piramex" e em "topcross" com a variedade "Cateto" foi de +0,48 e significativa, enquanto que a correlação existente entre as progênes de meios irmãos "per se" da variedade "Cateto" e em "topcross" com a variedade "Piramex" foi de +0,26 e também significativa. A heterose média dos cruzamentos foi de 24,2% e 13,2%, respectivamente.

Assim, como o número de estudos envolvendo progênes de meios irmãos avaliadas "per se" e em "topcross" é bastante reduzido, não é possível respaldar tendências ou progressos genéticos obtidos em programas de melhoramento.

2.5. Progênie "per se" e em "topcross" na seleção recorrente

No que se refere à seleção recorrente, GÉNTER e ALEXANDER (1966) compararam as produções de progênie S_1 obtidas em dois programas aplicando essa modalidade de seleção: um feito através de progênie S_1 "per se" e o outro através de progênie "topcross" (S_0 x testador). Os resultados obtidos indicaram que a seleção foi eficiente para elevar a produção de linhagens S_1 extraídas após cada ciclo em cada um dos programas de seleção recorrente. Porém, o progresso foi maior no programa em que a seleção foi feita com base no desempenho de progênie S_1 "per se". Os autores verificaram que a seleção de progênie S_1 conduziu a um progresso da ordem de 31,4% em dois ciclos. No caso das progênie "topcross", utilizando-se a população parental como testador, o progresso foi de apenas 17,9% após dois ciclos de seleção. A correlação existente entre as produções das progênie S_1 "per se" e das progênie "topcross" decresceu de +0,61 para +0,15 da população original para o segundo ciclo.

Também DUCLOS e CRANE (1968) relataram os resultados de dois primeiros ciclos de dois programas de seleção recorrente efetuados numa variedade sintética de milho, em que plantas S_0 escolhidas ao acaso foram autofecundadas e cruzadas com um híbrido duplo testador. As 11% melhores linhagens S_1 "per se" e as 11% melhores linhagens em "topcross"

foram recombinadas por três gerações para formar dois subsintéticos. No ciclo seguinte, as produções médias foram significativamente mais altas para as linhagens S_1 "per se", obtidas do subsintético formado a partir de linhagens S_1 "per se", do que aquelas oriundas do subsintético formado a partir dos "topcrosses". Da mesma forma, as produções médias foram significativamente mais altas para os "topcrosses", obtidos do subsintético formado a partir dos "topcrosses", do que aqueles oriundos do subsintético formado a partir de linhagens S_1 "per se". Ao final do primeiro ciclo, ambos os métodos proporcionaram progressos significativos e semelhantes, enquanto que o segundo ciclo não foi efetivo. Após a seleção das 11% linhagens superiores feitas com base em cada um dos dois critérios de seleção, somente cinco linhagens de um total possível de vinte e seis eram comuns a ambos os grupos. Foi encontrada uma correlação de +0,42 entre linhagens S_1 "per se" e os "topcrosses" no que se refere à produção, indicando haver uma relação entre os dois métodos de avaliação. Contudo, os autores consideraram esse valor pequeno para se fazer previsões.

HORNER et alii (1969) procuraram comparar três métodos de melhoramento para aumento da produção em milho, a saber: 1º) seleção recorrente para capacidade geral de combinação com a população parental; 2º) seleção recorrente para capacidade específica de combinação com uma linhagem testadora não relacionada e, 3º) seleção recorrente com base em progênies S_2 "per se". Após três ciclos de seleção terem sido

completados para cada um dos três métodos, as nove populações foram avaliadas quanto à produção de grãos, através de três sistemas: 1º) como populações de polinização aberta; 2º) como populações formadas pela recombinação de linhagens S_1 e, 3º) em cruzamentos com testadores não relacionados. Diferenças significativas entre os métodos de melhoramento foram notadas para o segundo e terceiro ciclos. A seleção recorrente para capacidade geral de combinação originou a população de polinização aberta mais produtiva, enquanto que a seleção recorrente com base em progênies S_2 "per se" originou a melhor população formada pela recombinação de linhagens. Embora o método de seleção para capacidade específica de combinação tenha proporcionado um aumento significativo na produção da população formada a partir da recombinação de linhagens, ele mostrou-se inferior aos outros dois para o melhoramento da população na avaliação geral. Para os três métodos, a capacidade média de combinação com testadores não relacionados aumentou significativamente no segundo e terceiro ciclos de seleção, porém, não houve diferenças significativas entre os métodos.

Num relato posterior, acerca dos resultados obtidos com mais dois ciclos de seleção, HORNER et alii (1973) observaram um aumento linear significativo na capacidade geral de combinação através dos ciclos para todos os métodos, sendo o mais efetivo aquele que havia utilizado uma linhagem como testador. Não foram observadas diferenças de produção significativas entre os métodos para as populações de polini-

zação aberta derivadas, quando as correções foram feitas com base nas diferenças do índice de endogamia.

A maioria das avaliações comparando progênies S_1 "per se" e em "topcross" tem sido baseadas em um ou dois ciclos de seleção. Materiais que estiveram sob desenvolvimento na Iowa State University desde 1953, possibilitaram fazer uma avaliação de ambos os métodos após dois e quatro ciclos de seleção recorrente (BURTON et alii, 1971).

ORTIZ (1963), citado por BURTON et alii (1971), ao avaliar o progresso obtido através de dois ciclos de seleção, encontrou que nenhum método contribuiu de modo significativo para elevar a produção. Além disso, os resultados para os locais em que foi conduzido o estudo não foram consistentes, pois em um deles foi obtido um bom ganho na produção em cada ciclo, enquanto que no outro houve uma redução de produção no segundo ciclo.

Com a finalidade de estudar esses aspectos, BURTON et alii (1971) procuraram verificar a efetividade da seleção recorrente com base em progênies de meios irmãos cruzadas com um híbrido duplo testador e a feita com base em progênies S_1 "per se", através de quatro ciclos de seleção na variedade de milho "BSK". O estudo mostrou que a produção média e a capacidade geral de combinação aumentaram significativamente nos quatro ciclos de seleção pelos dois métodos de seleção recorrente, embora a seleção de progênies S_1 "per se" tenha sido mais efetiva.

Por outro lado, CARANGAL et alii (1971), ao fazerem avaliações de progênies S_1 "per se" e em "topcross" (S_1 x testador), durante dois ciclos de seleção recorrente para produção de grãos em uma variedade sintética de milho, encontraram uma variância genética para produção significativamente maior para as progênies S_1 "per se" do que para as progênies "topcross", havendo um decréscimo no segundo ciclo. A seleção de progênies S_1 "per se" proporcionou um aumento muito maior na produção de grãos em relação à população original, sendo contudo equivalente à seleção de progênies "topcross" no que se refere ao aumento da capacidade geral de combinação.

Num estudo semelhante, GENTER (1973), empregando duas populações de milho ("VCBS" e "VLE"), ao avançar dois ciclos de seleção recorrente com base na produção de progênies S_1 "per se" e em "topcross" (S_1 x testador), conseguiu um progresso significativo de produção e capacidade de combinação na população "VCBS". A seleção de progênies S_1 "per se" na população "VCBS" foi mais efetiva que a seleção por "topcross", tanto no aumento da produção, como da capacidade de combinação da população. A seleção por "topcross" foi efetiva no aumento da frequência dos alelos que contribuem para a produção em cruzamentos, mas não nas populações "per se", enquanto que a seleção de progênies S_1 "per se" aumentou tanto a capacidade de combinação como a produção da população. As duas populações derivadas da população "VCBS",

por seleção de progênies S_1 "per se", produziram significativamente mais quando intercruzadas ou cruzadas com a população "VCBS", que qualquer população derivada por seleção dos "topcrosses". Finalmente, a seleção de progênies S_1 "per se" na população "VCBS" foi tão efetiva quanto a seleção dos "topcrosses" no aumento da freqüência dos alelos que respondem pelo aumento da produção, quer nas novas linhagens, quer nas populações híbridas.

Desse modo, nota-se pelos resultados apresentados na literatura, que a seleção recorrente feita com base em progênies avaliadas "per se" tem proporcionado os mais diversos comportamentos em relação aos progressos obtidos com a seleção efetuada com base na seleção em "topcross". Em parte, esse fato pode ser explicado pelas diversas metodologias envolvidas. Em alguns casos, tem prevalecido correlações relativamente altas entre os dois métodos de avaliação. Também nota-se uma preocupação em se avaliar tais efeitos considerando um maior número de ciclos de seleção. Mais uma vez, a participação de testador provavelmente deve explicar parte das divergências encontradas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Obtenção dos compostos

A composição do material básico iniciou-se com a obtenção de híbridos simples de grãos tipo dentado e "flint" de diversas empresas privadas produtoras de sementes melhoradas.

Nas áreas experimentais do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", os híbridos foram recombinaados por quatro gerações, originando o Composto Híbrido Simples Dentado (CHSD) e o Composto Híbrido Simples "Flint" (CHSF).

Posteriormente, por sucessivos retrocruzamentos, introduziu-se o gene braquítico - 2 (br 2) nesses dois Compostos, formando o Composto Híbrido Simples Dentado Braquítico (CHSD br2) e o Composto Híbrido Simples "Flint" Braquítico

(CHSF br2). Como fonte do gene br2 para o CHSD utilizou-se a variedade Piranão VD-2 e para o CHSF empregou-se germoplasma fornecido pelo CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - México) (ZINSLEY, 1984).

Essas fontes do gene braquítico-2 exibem elevada heterose para produção de grãos (SOUZA JR., 1981).

3.1.2. Obtenção das progênes "per se"

Os compostos sintetizados foram semeados em lote isolado de 50 m x 50 m (2.500 m^2), adotando-se o espaçamento de 1,00 m x 0,20 m, resultando teoricamente em 12.500 plantas. A seguir, foram selecionadas visualmente cerca de 1.000 plantas do CHSD br2 que apresentavam características agrônomicas favoráveis. O mesmo procedimento foi adotado para o CHSF br2. O material selecionado constituiu as progênes de meios irmãos "per se" a serem avaliadas quanto à produção de grãos.

3.1.3. Obtenção das progênes "topcross"

No ano agrícola de 1981/82 foram obtidas as progênes "topcross" dos dois Compostos. Entre cada conjunto de três progênes "per se" despendoadas (fileiras femininas), intercalou-se um testador formado pela mistura de sementes do Composto original de tipo de grão contrastante, constituindo as fileiras polinizadoras ou masculinas.

As fileiras contaram com aproximadamente vinte

e cinco plantas numa área de 5,00 m². O espaçamento adotado foi de 1,00 m x 0,20 m, sendo semeada uma semente por cova.

Por ocasião do período de colheita, todas as espigas de cada fileira feminina foram colhidas individualmente, sendo posteriormente retirada uma amostra de 500 gramas de sementes de cada progênie, destinada à avaliação em ensaio no ano seguinte.

3.1.4. Descrição das testemunhas

Nos ensaios de produção das progênies "per se" e "topcross" empregaram-se as seguintes testemunhas: o híbrido simples Ag 305-B e as variedades Piranão VD-2 e Piranão VF-1, as quais são descritas a seguir.

Ag 305 - B: É um híbrido simples desenvolvido pela firma "Sementes Agrocere S/A", braquítico, de ciclo tardio, produtivo, cujos grãos são dentados e de coloração amarela-alaranjada. As alturas da planta e da espiga são de aproximadamente 1,90m e 0,80m. Apresenta boa resistência ao acamamento e às principais doenças.

Piranão VD-2: Representa a versão braquítica do ESALQ - VD2 (originalmente denominado de Dentado Composto), o qual foi obtido a partir da recombinação de populações introduzidas do CIMMYT em 1965, representando germoplasmas de grãos dentados bran

cos e amarelos, com predomínio da raça Tuxpeno. Posteriormente, o material foi selecionado para grãos amarelos dentados. Caracteriza-se por apresentar plantas baixas e de grande produtividade, espigas saudas e relativamente grossas, grãos amarelos, dentados, largos e compridos. As alturas da planta e da espiga são de aproximadamente 1,70m e 0,90m. Apresenta boa resistência ao acamamento, especialmente em relação às plantas quebradas (PATERNIANI et alii, 1977 e PATERNIANI, 1980a). A variedade tem sido selecionada para prolificidade, sendo que os primeiros resultados foram apresentados por PATERNIANI (1980b).

Piranão VF-1: Representa a versão braquítica do ESALQ VF - 1 (originalmente denominado de "Flint" Composto), o qual foi obtido a partir da recombinação de populações introduzidas do CIMMYT em 1965, representando germoplasmas de grãos duros, de cor branca e alaranjada, correspondendo às raças da Colômbia, Cuba e América Central. Também foram incluídas amostras de milho Cateto. Posteriormente, o material foi selecionado para grãos duros e de cor alaranjada. Caracteriza-se por apresentar plantas baixas e de boa produtividade, espigas saudas e grãos duros de

cor alaranjada. As alturas da planta e da espiga são de aproximadamente 1,60m e 0,80m. Apresenta boa resistência ao acamamento, especialmente em relação às plantas quebradas (PATERNIANI et alii, 1977 e PATERNIANI, 1980a). A variedade tem sido selecionada para prolificidade, sendo que os primeiros resultados foram apresentados por PATERNIANI (1980b).

3.2. Métodos

3.2.1. Ensaios de produção das progênes "per se"

As 2.000 progênes "per se" foram avaliadas em vinte experimentos em lâtilice simples duplicado 10 x 10 em dois anos (1980/81 e 1981/82) e em dois locais (Estação Experimental de Anhembi em Anhembi-SP e Estação Experimental da Caterpillar em Piracicaba-SP). Na primeira avaliação, todas as repetições dos vinte experimentos foram instaladas na Estação Experimental de Anhembi; na segunda avaliação, foram instaladas duas repetições em cada Estação Experimental. As parcelas eram de 5,2 m² e continham vinte e cinco sementes. O espaçamento adotado foi de 1,00 m x 0,40 m, sendo semeadas duas sementes por cova.

Em cada repetição de cada lâtilice, foram utili-

zadas as três testemunhas (Ag 305-B, Piranão VD-2 e Piranão VF-1) repetidas três vezes, totalizando trinta e seis "parcelas - testemunha" por experimento ou dezoito "parcelas - testemunha" por local. As testemunhas foram semeadas no início, meio e final de cada repetição, sem fazerem parte do sorteio dos tratamentos. Assim, para cada cinquenta parcelas experimentais do látice, foram semeadas três "parcelas - testemunha".

Por ocasião do período de colheita, determinou-se o "stand" final. Posteriormente, as parcelas dos experimentos foram colhidas e as espigas despalhadas pesadas em balança. As "parcelas - testemunha", mais quatro parcelas experimentais, foram amostradas a título de determinação do teor de umidade dos grãos, sendo que a média dos valores obtidos foi utilizada para a correção dentro da respectiva repetição. O teor de umidade da espiga foi corrigido para 0% de umidade para efeito de cálculo do peso de campo da parcela. O "stand" final foi corrigido para vinte e cinco plantas por parcela, através da fórmula proposta por ZUBER (1942), descrita a seguir.

$$PCC = \frac{PC \cdot (H - 0,3 F)}{H - F}$$

onde:

PCC = peso de campo corrigido da parcela (kg/5,2 m²)

PC = peso de campo da parcela corrigido para 0% de umidade (kg/5,2 m²)

H = "stand" final desejado da parcela (25 plantas)

F = número de falhas da parcela.

Essa fórmula adiciona à produção, para cada planta falhada, 70% da produção média e considera que 30% da sua produção seria recuperada pelo aumento da produção das plantas vizinhas. É possível fazer boas estimativas quando a porcentagem de falhas não ultrapassa 20%.

É importante considerar que as plantas de milho normalmente respondem de maneira acentuada à presença ou ausência de plantas vizinhas. Assim, quando existem falhas, as plantas próximas a essas falhas tendem a produzir mais do que se as mesmas não existissem. Esse fato tem grande importância na condução de experimentos. Evidentemente, o ideal se ria a completa ausência de falhas. Contudo, como isso nem sem pre se verifica na prática, deve-se procurar obter dados os mais consistentes possíveis. Uma das maneiras de se conseguir isso é através do uso de correções (ZINSLY et alii, 1971).

3.2.2. Ensaios de produção das progênes "topcross"

As 2.000 progênes "topcross" foram avaliadas em vinte experimentos em lâttice simples duplicado 10 x 10 no ano agrícola de 1982/83 em dois locais (Estação Experimental de Anhembi em Anhembi-SP e Estação Experimental da Caterpillar em Piracicaba - SP). O procedimento experimental e a coleta

de dados foi idêntica à utilizada nos ensaios de avaliação das progênies "per se".

3.2.3. Análise estatística dos resultados

No presente estudo, trabalhou-se com 400 progênies "per se" do CHSF br2 e com suas respectivas versões "topcross". No caso das progênies "per se", escolheram-se quatro experimentos instalados na Estação Experimental da Caterpillar em Piracicaba-SP, no ano agrícola de 1981/82. Para as progênies "topcross", escolheram-se os experimentos correspondentes, instalados nessa mesma Estação Experimental no ano agrícola de 1982/83.

Tomando como base o "stand" final, julgou-se um procedimento adequado eleger os experimentos menos afetados pelas condições ambientais para atender aos objetivos do presente trabalho de pesquisa.

As análises de variância (médias de parcelas) dos resultados de produção de espigas despalhadas, devidamente corrigidos, foram efetuadas pela metodologia proposta por COCHRAN e COX (1957). Posteriormente, foi determinada uma relação porcentual com a média das testemunhas do respectivo experimento, estabelecendo assim um denominador comum entre os resultados das avaliações das progênies de experimentos distintos.

O delineamento matemático utilizado foi o seguinte:

$$X_{ijk} = u + p_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ik(j)}$$

onde:

X_{ijk} = total da progênie i no bloco k da repetição j;

u = média geral;

p_i = efeito aleatório da progênie i;

r_j = efeito aleatório da repetição j;

$b_{k(j)}$ = efeito aleatório do bloco k da repetição j;

$e_{ik(j)}$ = erro intra-blocos ou erro experimental associado ao tratamento i dentro do bloco k da repetição j.

Os níveis de significância foram obtidos utilizando as tabelas estatísticas apresentadas por STEEL e TORRIE (1960) e por PIMENTEL GOMES (1978).

3.2.4. Correlação entre os métodos de avaliação

O coeficiente de correlação existente entre as progênies de meios irmãos, avaliadas "per se" e em "topcross", foi determinado através dos valores percentuais, em relação à média das testemunhas, da produção de espigas despalhadas.

Utilizaram-se para esse fim as progênies comuns a ambas as formas de avaliação, após terem sido submetidas a uma intensidade de seleção de 25%.

4. RESULTADOS

Nas Tabelas 6 a 13 são apresentados os resultados das análises de variância da produção de espigas despalhadas dos experimentos correspondentes à avaliação das progênies "per se" e "topcross" do CHSF br2.

No caso das progênies "per se", todos os experimentos apresentaram diferenças significativas pelo teste F para tratamentos ajustados, sendo que os Experimentos 1 (Tabela 6) e 4 (Tabela 9) o foram ao nível de 5% de probabilidade e os Experimentos 2 (Tabela 7) e 3 (Tabela 8) o foram ao nível de 1% de probabilidade. Com relação às progênies "topcross", apenas o Experimento 5 (Tabela 10) apresentou diferenças significativas e ao nível de 5% de probabilidade.

A eficiência dos látices em relação aos blocos casualizados apresentou uma amplitude de variação de 101,83% (Experimento 3) a 139,43% (Experimento 2) para os experimentos de avaliação das progênies "per se" e de 132,71% (Experimento 7) a 186,15% (Experimento 6) para os ensaios de avaliação das progênies "topcross".

O coeficiente de variação dos látices apresentou uma amplitude de variação de 19,48% (Experimento 2) a 24,86% (Experimento 1) para os ensaios de avaliação das progênes "per se" e de 18,65% (Experimento 5) a 23,94% (Experimento 7) para os ensaios de avaliação das progênes "topcross".

Nas Tabelas 1 e 3 encontram-se os resultados de produção de espigas despalhadas dos ensaios correspondentes à avaliação das progênes "per se" e "topcross" do CHFS br2, respectivamente. Os dados originais foram transformados em kg/ha. São apresentadas as produções médias das progênes avaliadas (total de 400), selecionadas (total de 100) e das testemunhas. Para cada experimento são também apresentados os valores percentuais de produção das progênes selecionadas em relação aos valores médios das testemunhas.

No que se refere à produção de espigas despalhadas, os ensaios para a avaliação das progênes "per se" (Tabela 1) apresentaram valores médios que variaram de 4.324 kg/ha (Experimento 2) a 4.857 kg/ha (Experimento 4), sendo que a média dos ensaios foi de 4.633 kg/ha.

A produção média das progênes selecionadas variou de 5.518 kg/ha (Experimento 1) a 6.144 kg/ha (Experimento 4), sendo que a média dos ensaios foi de 5.841 kg/ha. No total, foram selecionadas 100 progênes, correspondendo a uma

intensidade de seleção de 25%. Essa seleção foi feita com base na produção de espigas despalhadas em relação à média das testemunhas, procedendo-se uma classificação por ordem decrescente das 100 progênies mais produtivas.

As testemunhas apresentaram produções médias que variaram de 5.921 kg/ha (Experimento 1) a 6.358 kg/ha (Experimento 4), sendo que a média dos ensaios foi de 6.127 kg/ha, evidenciando o bom potencial produtivo desses materiais.

As produções médias das testemunhas individuais (Tabela 2), foram de 6.717 kg/ha para o híbrido simples Ag 305-B, 5.747 kg/ha para a variedade Piranão VD-2 e 5.916 kg/ha para a variedade Piranão VF-1.

A relação porcentual entre as médias de produção das progênies selecionadas e das testemunhas (Tabela 1), apresentou valores que variaram de 93,19% (Experimento 1) a 98,22% (Experimento 3), sendo que a média geral foi de 95,33%. Esses valores demonstram o bom potencial genético do material para seleção com vistas à elevação da produtividade.

A seguir são apresentadas as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Médias de produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/ha, das progênies avaliadas, selecionadas e das testemunhas, obtidas dos experimentos de avaliação das progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1981/82.

Número do experimento	Médias de produção (kg/ha)			Prod. rel. prog. sel. em releção às test. (%)
	progênies avaliadas (N=400)	progênies selecionadas (N=100)	Testemunhas	
1	4.541(100)	5.518(37)	5.921	93,19
2	4.324(100)	5.752(11)	6.171	93,21
3	4.810(100)	5.949(30)	6.057	98,22
4	4.857(100)	6.144(22)	6.358	96,63
$\bar{x}$	4.633	5.841	6.127	95,33

Tabela 2. Médias de produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/ha, das testemunhas utilizadas nos experimentos de avaliação das progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1981/82.

Número do experimento	Médias de produção das testemunhas (kg/ha)		
	Ag 305 -B	Piranão VD-2	Piranão VF-1
1	6.692	5.647	5.426
2	6.343	6.256	5.913
3	6.859	5.115	6.196
4	6.974	5.971	6.128
$\bar{x}$	6.717	5.747	5.916

No caso dos ensaios para a avaliação das progênies "topcross" (Tabela 3), os valores absolutos de produção apresentaram-se significativamente mais baixos, devido às condições climáticas desfavoráveis à um melhor desempenho dos materiais no campo naquele ano.

As progênies avaliadas apresentaram produções médias que variaram de 3.276 kg/ha (Experimento 7) a 3.458 kg/ha (Experimento 8), sendo que a média dos ensaios foi de 3.364 kg/ha. Procedeu-se igualmente à seleção das 100 melhores progênies, classificando-as em ordem decrescente com base nos valores relativos à produção média das testemunhas.

A produção média das progênies selecionadas variou de 3.944 kg/ha (Experimento 6) a 4.243 kg/ha (Experimento 5), sendo que a média dos ensaios foi de 4.150 kg/ha.

As testemunhas apresentaram produções médias que variaram de 3.366 kg/ha (Experimento 6) a 3.817 kg/ha (Experimento 5), sendo que a média dos ensaios foi de 3.656 kg/ha.

As produções médias das testemunhas individuais (Tabela 4) foram de 3.641 kg/ha para o híbrido simples Ag 305-B, 3.760 kg/ha para a variedade Piranão VD-2 e 3.568 kg/ha para a variedade Piranão VF-1.

A relação porcentual entre as médias de produção das progênies selecionadas e testemunhas (Tabela 3), apresentou valores que variaram de 111,14% (Experimento 7) a 117,17% (Experimento 6), sendo que a média geral foi de

113,51%. Esses resultados demonstram a existência de efeitos heteróticos para produção nos cruzamentos progênes x testador.

As figuras 1 e 2 apresentam os histogramas das frequências relativas das progênes "per se" e "topcross" para cada classe de produção, estabelecida porcentualmente em relação à média das testemunhas. Os coeficientes de variação genética foram de 12,53% e 7,86%, respectivamente, indicando a presença de suficiente variabilidade genética nas progênes avaliadas para dar continuidade ao programa de melhoramento.

A partir da classificação em ordem decrescente de produção de espigas despalhadas das 100 progênes "per se" selecionadas e das 100 progênes "topcross" selecionadas, verificou-se que vinte e três progênes eram comuns a ambos os métodos de avaliação, sendo que os valores percentuais em relação à produção média das testemunhas são mostrados na Tabela 5. Os valores do coeficiente de correlação e do coeficiente de determinação foram de +0,0719 e 0,0052, respectivamente, não apresentando significância estatística.

A seguir são apresentadas as Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Médias de produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/ha, das progênies avaliadas, selecionadas e das testemunhas, obtidas dos experimentos de avaliação das progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1982/83.

Número do experimento	Médias de produção (kg/ha)			Prod. rel. prog. sel. em relação às test. (%)
	progênies avaliadas (N=400)	progênies selecionadas (N=100)	Testemunhas	
5	3.429 (100)	4.243 (19)	3.817	111,16
6	3.291 (100)	3.944 (33)	3.366	117,17
7	3.276 (100)	4.170 (20)	3.752	111,14
8	3.458 (100)	4.242 (28)	3.690	114,96
$\bar{x}$	3.364	4.150	3.656	113,51

Tabela 4. Médias de produção de espigas despalhadas, corrigidas para 0% de umidade, das testemunhas utilizadas nos experimentos de avaliação das progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1982/83.

Número do experimento	Médias de produção das testemunhas (kg/ha)		
	Ag 305 -B	Piranão VD-2	Piranão VF-1
5	3.753	4.125	3.574
6	3.487	3.452	3.160
7	3.673	3.926	3.657
8	3.651	3.538	3.881
$\bar{x}$	3.641	3.760	3.568

Figura 1. Histograma das freqüências relativas para produção de espigas despalhadas, das 400 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1981/82.

Figura 2. Histograma das frequências relativas para produção de espigas despalhadas, das 400 progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba-SP), 1982/83.

Tabela 5. Valores percentuais, em relação à produção média das testemunhas dos respectivos experimentos, das progênies "per se" e "topcross" selecionadas que constaram em ambos os métodos de avaliação.

Par número	Produção relativa das prog.sel. em relação às test.(%)	
	"per se" (class.*/nº exp.)	"topcross" (class.*/nº exp.)
1	99,9 (25º/1)	103,8 (96º/5)
2	95,4 (42º/1)	107,0 (79º/5)
3	95,3 (44º/1)	110,8 (53º/5)
4	90,3 (66º/1)	104,6 (91º/5)
5	90,0 (68º/1)	119,7 (23º/5)
6	87,8 (80º/1)	122,1 (14º/5)
7	108,2 (10º/2)	114,5 (34º/6)
8	98,0 (33º/2)	117,5 (26º/6)
9	87,8 (79º/2)	140,2 (5º/6)
10	85,5 (92º/2)	119,8 (22º/6)
11	105,8 (12º/3)	114,2 (36º/7)
12	101,6 (19º/3)	106,0 (83º/7)
13	96,0 (38º/3)	110,4 (57º/7)
14	87,1 (84º/3)	108,9 (67º/7)
15	110,0 (7º/4)	128,9 (8º/8)
16	101,8 (18º/4)	121,4 (18º/8)
17	97,4 (36º/4)	110,1 (60º/8)
18	95,3 (43º/4)	112,3 (42º/8)
19	95,1 (45º/4)	114,4 (35º/8)
20	89,0 (70º/4)	110,8 (54º/8)
21	88,4 (76º/4)	104,7 (90º/8)
22	86,4 (88º/4)	105,6 (87º/8)
23	85,5 (93º/4)	111,7 (47º/8)

$r = +0,0719$ n.s.

$r^2 = 0,0052$

* classificação da progênie dentro do grupo selecionado.

5. DISCUSSÃO

Nos estudos comparativos utilizando progênies "per se" e "topcross", nota-se uma tendência generalizada em se lidar com progênies S_1 "per se" e com progênies "topcross" obtidas do cruzamento das respectivas plantas S_0 , ou das progênies S_1 , com um testador. Nos trabalhos relacionados na literatura, os resultados obtidos foram os mais diversos, tanto em relação aos coeficientes de correlação, como também acerca dos progressos advindos com a seleção.

Isso evidencia, portanto, pouca preocupação entre os pesquisadores em se conduzir estudos comparativos que envolvessem outros tipos de progênies, como é o caso de progênies de meios irmãos, avaliadas "per se" e em "topcross". Conhecer o comportamento desse tipo de progênie em ensaios dessa natureza sem dúvida reveste-se de grande importância, haja visto o fato de serem amplamente utilizadas nos programas de melhoramento de populações de milho, especialmente no Brasil.

No melhoramento intrapopulacional, a avaliação de progênie "per se", sejam elas de meios irmãos, irmãos germanos ou autofecundadas, é uma das formas mais comuns de se selecionar genótipos a partir de testes de progênie. Aliás, por volta de 1840, Louis de Vilmorin já aplicara o método de seleção espiga por fileira (na época denominado "princípio de isolamento"), no melhoramento da beterraba açucareira visando a elevação da produtividade. A denominação "espiga por fileira" surgiu por volta de 1896, por ocasião dos trabalhos de seleção para baixo e alto teor de óleo e proteína em milho, conduzidos em Illinois (EUA).

Por sua vez, o emprego de progênie "topcross" no melhoramento de plantas foi proposto por DAVIS (1927), sendo utilizadas inicialmente para a avaliação de linhagens de milho quanto à sua capacidade de combinação.

A partir da aceitação geral do método, iniciaram-se estudos comparativos envolvendo o teste de "topcross" e outras formas de avaliação de genótipos. Assim, JENKINS e BRUNSON (1932) verificaram que variedades de polinização aberta utilizadas como testadores na avaliação de linhagens de milho resultaram em correlações positivas e significativas entre as produções dos "topcrosses" e dos híbridos simples envolvendo tais linhagens. Resultados semelhantes foram relatados por JENKINS (1934) e por JOHNSON e HAYES (1936).

Nessa mesma época, com a finalidade de se descartar o mais rápido possível materiais indesejáveis em um

programa de melhoramento, JENKINS (1935) e posteriormente SPRAGUE (1939 e 1946), propuseram a utilização do teste precoce para a avaliação de linhagens de milho. No teste precoce, os "topcrosses" eram a base para a avaliação de plantas S_0 ou de linhagens S_1 .

Posteriormente, com a introdução dos conceitos de capacidade geral e específica de combinação, surgiram novas aplicações para o uso do teste "topcross". Ele foi largamente empregado para estimar a capacidade de combinação de linhagens de milho, utilizando-se para essa finalidade os mais diversos materiais como testadores.

Tendo em vista que o principal objetivo do presente estudo foi o de determinar um coeficiente de correlação entre dois métodos distintos de avaliação de progênies de meios irmãos, nota-se, através do valor encontrado ($r = \dots +0,0719^{n.s.}$, Tabela 5), que a seleção de progênies de meios irmãos "per se" não correspondeu à seleção de progênies de meios irmãos em "topcross". É conveniente ressaltar, contudo, que essa constatação pode estar ligada ao fato dos coeficientes de variação dos ensaios mostrarem-se relativamente elevados.

Assim, após a seleção das 100 progênies mais produtivas em cada um dos métodos de avaliação, constatou-se que apenas vinte e três eram comuns a ambos os casos. Além disso, não houve correspondência na classificação dessas progênies pelos dois métodos. O valor demasiadamente bai

xo e estatisticamente não significativo encontrado para o coeficiente de correlação evidenciou esse fato.

Entretanto, num estudo semelhante conduzido no Brasil por ILLG (1969), o cálculo do coeficiente de correlação entre o desempenho de progênies de meios irmãos avaliadas "per se" e em "topcross", para duas variedades de milho ("Piramex" e "Cateto"), mostrou significância ao nível de 0,1% ($r = +0,48^{***}$) na variedade "Piramex" e ao nível de 1% ($r = +0,26^{**}$) na variedade "Cateto". Nesse estudo, o autor avaliou 81 e 100 progênies, respectivamente, sem seleção. Segundo o autor, esses valores indicaram uma tendência das progênies mais produtivas originarem também cruzamentos mais produtivos e, igualmente, progênies menos produtivas se comportarem também relativamente pior em cruzamentos.

É oportuno destacar também que vários melhoristas são da opinião geral que a avaliação de progênies em "topcross" apresenta várias características desvantajosas associadas com a introdução de alelos do testador. Teoricamente, o testador contribui com 50% dos alelos, sendo que apenas os 50% restantes representariam os genótipos a serem avaliados. Além desse efeito, os alelos do testador podem interagir alelicamente ou não com os alelos dos genótipos a serem avaliados, prejudicando a representatividade das diferenças desses genótipos.

Num estudo conduzido por BURTON et alii (1971), a avaliação com base no desempenho de progênies S_1 "per se"

identificou mais rapidamente os genótipos superiores que a avaliação em "topcross". Segundo os autores, uma explicação poderia estar assentada no fato dos alelos deletérios terem sido mascarados pelo genótipo do testador na avaliação em "topcross".

Já LONNQUIST e LINDSEY (1964), atentam para o fato de que o sucesso na seleção de genótipos superiores em um programa de melhoramento, depende do emprego de procedimentos de avaliação de razoável precisão e um testador que possibilite a maior variação possível entre os diferentes genótipos a serem avaliados. Segundo os autores, o uso de "topcross" com um testador parental, como comumente praticado nos programas de melhoramento de milho, reduz a variação na expressão das características entre as progênies a serem avaliadas, pois a contribuição genética das linhagens parentais nos "topcrosses" fica reduzida à metade.

Apesar disso, esse procedimento tem sido utilizado por duas razões: 1.^a) as linhagens são selecionadas com base em seu comportamento em cruzamentos, já que sua utilização final depende da sua capacidade de combinação e, 2.^a) a avaliação de linhagens em gerações avançadas de autofecundação fica seriamente dificultada devido à perda de vigor (LONNQUIST e LINDSEY, 1964).

Pela análise estatística dos resultados do presente estudo (Tabelas 6 a 13), nota-se que, no caso dos experimentos de avaliação de progênies "per se" do CHSF br2, to-

dos eles apresentaram significância pelo teste F para tratamentos ajustados. Por outro lado, nos experimentos de avaliação de progênies do CHSF br2 em "topcross", apenas um experimento apresentou significância pelo teste F para tratamentos ajustados.

A ausência de diferenças significativas através do teste F para tratamentos ajustados, em três dos quatro experimentos de avaliação das progênies "topcross", pode ser explicada pelo fato dos coeficientes de variação dos respectivos experimentos se mostrarem sensivelmente mais elevados. Entretanto, é também plausível aceitar a suposição do efeito de diminuição das diferenças genéticas dos genótipos que foram avaliados, causado pela constituição genética do testador. Esse fato pode ser comprovado através da observação e comparação dos coeficientes de variação genética dos experimentos de avaliação das progênies "per se" e em "topcross" (Tabelas 6 a 13).

Essa situação mostra que ao cruzarmos as progênies com o testador não relacionado, ou seja, o Composto CHSD br2, apareceu um efeito de redução da variância entre médias de progênies para produção, prejudicando a discriminação dos genótipos. Nesse sentido, resultados semelhantes foram encontrados por GENTER e ALEXANDER (1962), LONNQUIST e LINDSEY (1964) e CARANGAL et alii (1971), não só para produção de grãos, como também para outros caracteres agronômicos, ao trabalharem com progênies S_1 .

O esforço adicional que caracteriza a obtenção e posterior avaliação de progênies "topcross", em relação às progênies "per se", em que o material a ser avaliado está imediatamente disponível, é justificado pelas finalidades do programa de melhoramento. Assim, num programa de melhoramento intrapopulacional, utilizam-se progênies "per se" ou em "topcross", estas últimas quando o melhorista tem interesse em selecionar materiais com base na capacidade geral ou específica de combinação. Porém, se o objetivo é melhorar simultaneamente duas populações, utilizam-se obrigatoriamente progênies "topcross" para se obterem as informações sobre a heterose dos cruzamentos interpopulacionais.

Os vários métodos de seleção para o melhoramento de populações de milho têm sido revistos e discutidos, quanto aos aspectos teóricos da eficiência de cada um deles, por SPRAGUE (1966). Entretanto, o progresso advindo com a seleção, a partir de qualquer método, depende enormemente da habilidade do melhorista em identificar os genótipos superiores.

O fato da relação porcentual entre a média das progênies selecionadas e a média das testemunhas apresentar valores mais elevados na avaliação em "topcross" (113,51%), em relação à avaliação "per se" (95,33%), conforme mostram as Tabelas 1 e 3, evidencia a existência de efeitos heteróticos para produção de espigas nos cruzamentos progênies x testador.

Finalmente, um próximo passo para complementar o presente estudo seria desenvolver populações melhoradas, a

partir da recombinação dos melhores genótipos obtidos em cada um dos dois métodos de avaliação. A comparação posterior dos resultados, em termos de progresso advindo com a seleção, permitiria identificar qual deles seria o mais efetivo.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados experimentais obtidos no presente estudo, foi possível chegar às seguintes conclusões:

1ª) ausência de correlação entre as produções de progênies de meios irmãos avaliadas "per se" e em "topcross";

2ª) os métodos de avaliação foram diferentes na seleção das progênies superiores da população;

3ª) redução das variâncias genéticas entre as produções médias das progênies "topcross" quando comparadas com as progênies "per se", provavelmente devido à constituição genética do testador, causando uma diminuição das diferenças genéticas entre as progênies "topcross".

7. LITERATURA CITADA

- BURTON, J.W.; L.H. PENNY; A.R. HALLAUER e S.A. EBERHART, 1971. Evaluation of synthetic populations developed from a maize variety (BSK) by two methods of recurrent selection. Crop Sci., 11: 361-365.
- CARANGAL, V.R.; S.M. ALI; A.F. KOBLE; E.H. RINKE e J.C. SENTZ, 1971. Comparison of S_1 with testcross evaluation for recurrent selection in maize. Crop. Sci., 11: 658-661.
- COCHRAN, W.G. e G.M. COX, 1957. Experimental designs. 2nd ed. New York, John Wiley and Sons. 611 p.
- COHEN, J.I. e W.C. GALINAT, 1984. Potential use of alien germ-plasm for maize improvement. Crop. Sci., 24: 1011-1015.
- COMSTOCK, R.E. e H.F. ROBINSON, 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics, 4: 254-266.
- COMSTOCK, R.E. e H.F. ROBINSON, 1952. Estimation of average dominance of genes. In: GROWEN, J.W., Ed. Heterosis. Ames, Iowa State College Press, p.494-516.

- COMSTOCK, R.E.; H.F. ROBINSON e P.H. HARVEY, 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. Agron. J., 41: 360-367.
- DAVIS, R.L., 1927. Report of the plant breeder. Rep. Puerto Rico Agric. Exp. Sta. p. 14-15.
- DUCLOS, L.A. e P.L. CRANE, 1968. Comparative performance of top crosses and S_1 progeny for improving populations of corn (*Zea mays* L.) Crop Sci., 8: 191-194.
- EAST, E.M., 1908. Inbreeding in corn. Ann. Rep. Conn. Agric. Exp. Sta. for 1907. p. 419-428.
- GARDNER, C.O., 1961. An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. Crop Sci., 1: 241-245.
- GENTER, C.F., 1973. Comparison of S_1 and testcross evaluation after two cycles of recurrent selection in maize. Crop Sci., 13: 524-527.
- GENTER, C.F. e M.W. ALEXANDER, 1962. Comparative performance of S_1 progenies and test-crosses of corn. Crop Sci., 2: 516-519.
- GENTER, C.F. e M.W. ALEXANDER, 1966. Development and selection of productive S_1 inbred lines of corn (*Zea mays* L.). Crop Sci., 6: 429-431.
- GOODMAN, M.M., 1979. Maize. In: SIMMONDS, N.W., Ed. Evolution of crop plants. Edinburgh, Longman, p. 128-136.

- GOODMAN, M.M. e J.S.C. SMITH, 1978. Botânica. In: PATERNIA-NI, E., Coord. Melhoramento e produção do milho no Bra-sil. Campinas, Fundação Cargill, p.32-70.
- GREEN, J.M., 1948. Relative value of two testers for estima-ting top cross performance in segregating maize progenies. J. Amer. Soc. Agron., 40: 45-57.
- HALLAUER, A.R., 1967. Development of single-cross hybrids from two-eared maize populations. Crop Sci., 7: 192-195.
- HALLAUER, A.R. e S.A. EBERHART, 1970. Reciprocal full-sib selection. Crop Sci., 10: 315-316.
- HALLAUER, A.R. e J.B. MIRANDA FILHO, 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press. 468 p.
- HORNER, E.S., 1963. A comparison of S_1 line and S_1 plant evaluation for combining ability in corn (*Zea mays* L.). Crop Sci., 3: 519-522.
- HORNER, E.S.; W.H. CHAPMAN; M.C. LUTRICK e H.W. LUNDY, 1969. Comparison of selection based on yield of topcross and S_2 progenies in maize (*Zea mays* L.). Crop Sci., 9: 539-543.
- HORNER, E.S.; H.W. LUNDY; M.C. LUTRICK e W.H. CHAPMAN, 1973. Comparisons of three methods of recurrent selection in maize. Crop Sci., 13: 485-489.
- HULL, F.H., 1945. Recurrent selection for specific combining ability in corn. J. Amer. Soc. Agron., 37: 134-145.
- IDE, F., 1983. Avaliação da capacidade de combinação de pro-gênes S_2 e S_5 de milho (*Zea mays* L.) obtidas do compos-to ESALQ VD-2. Piracicaba, ESALQ/USP. 66p. (Dissertação de Mestrado).

- ILLG, R.F., 1969. Estudo comparativo entre progênies de meios irmãos de milho e seus respectivos cruzamentos com um testador. Piracicaba, ESALQ/USP. 32p. (Dissertação de Mestrado).
- JENKINS, M.T., 1934. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. J. Amer. Soc. Agron., 26: 199-204.
- JENKINS, M.T., 1935. The effect of inbreeding and selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. Iowa State J. Sci., 9: 429-450.
- JENKINS, M.T., 1940. The segregation of genes affecting yield of grain in maize. J. Amer. Soc. Agron., 32: 55-63.
- JENKINS, M.T. e A.M. BRUNSON, 1932. Methods of testing inbred lines of maize in crossbreed combinations. J. Amer. Soc. Agron., 24: 523-530.
- JOHNSON, I.J. e H.K. HAYES, 1936. The combining ability of inbred lines of Golden Bantam sweet corn. J. Amer. Soc. Agron., 28: 246-252.
- JONES, D.F., 1918. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. Conn. Agric. Exp. Sta. Bull., 209: 1-100.
- JONES, D.F., 1922. The productiveness of single and double first generation corn hybrids. Agron. J., 14: 241-252.
- KOBLE, A.F. e E.H. RINKE, 1963. Comparative S_1 line and topcross performance in maize. Agronomy Abstracts, p.83.

- LIMA, M., 1977. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos na população de milho (*Zea mays* L.) ESALQ VD-2. Piracicaba, ESALQ/USP. 71p. (Dissertação de Mestrado).
- LINDSTROM, E.W., 1931. Prepotency of inbred lines on commercial varieties of maize. J. Amer. Soc. Agron., 23: 652-661.
- LONNQUIST, J.H., 1960. El mejoramiento de las poblaciones de maíz. P.C.C.M.M., 6: 14-22.
- LONNQUIST, J.H., 1964. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. Crop Sci., 4: 227-228.
- LONNQUIST, J.H., 1968. Further evidence on testcross versus line performance in maize. Crop Sci., 8: 50-53.
- LONNQUIST, J.H. e M.F. LINSEY, 1964. Topcross versus S_1 line performance in corn (*Zea mays* L.). Crop Sci., 4: 580-584.
- LONNQUIST, J.H. e N.E. WILLIAMS, 1967. Development of maize hybrids through selection among full - sib families. Crop. Sci., 7: 369-370.
- MANGELSDORF, P.C., 1965. The evolution of maize. In: HUTCHINSON, J.B., Ed. Essays on crop plant evolution. Cambridge University Press, p.23-49.
- MORÁN, J.F.A., 1984. Avaliação do potencial genético de linhagens e respectivos testadores obtidos de duas populações de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP. 117p. (Dissertação de Mestrado).

- PATERNIANI, E., 1967. Selection among and within half - sib families in a Brazilian population of maize (*Zea mays* L.). Crop Sci., 7: 212-216.
- PATERNIANI, E., 1968. Formação de compostos de milho. Rel. Cient. Depto. de Genética, ESALQ/USP, 2: 102-107.
- PATERNIANI, E., 1969. Melhoramento de populações de milho. Ciência e Cultura, 21: 3-10.
- PATERNIANI, E., 1980a. Avaliação de cultivares de milhos braquíticos. Rel. Cient. Depto. Genética, ESALQ/USP, 14: 61-68.
- PATERNIANI, E., 1980b. Seleção massal com controle biparental para prolificidade em milho. Rel. Cient. Depto. de Genética, ESALQ/USP, 14: 69-76.
- PATERNIANI, E. e R. VENCovsky, 1977. Reciprocal recurrent selection in maize (*Zea mays* L.) based on testcrosses of half-sib families. Maydica, 22: 141-152.
- PATERNIANI, E. e R. VENCovsky, 1978. Reciprocal recurrent selection based on half-sib progenies and prolific plants in maize (*Zea mays* L.). Maydica, 23: 209-219.
- PATERNIANI, E. e J.B. MIRANDA FILHO, 1978. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E., Coord. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, p.202-246.
- PATERNIANI, E.; J.R. ZINSLY e J.B. MIRANDA FILHO, 1977. Populações melhoradas de milho obtidas pelo Instituto de Genética. Rel. Cient. Depto. de Genética, ESALQ/USP, 11: 108-114.

- PIMENTEL GOMES, F., 1978. Curso de estatística experimental. 8ª ed., São Paulo, Livraria Nobel. 430p.
- SHULL, G.H., 1909. A pure line method of corn breeding. Rep. Amer. Breeders Assoc., 4: 296-301.
- SOUZA JR., C.L., 1981. Análise de cruzamentos dialélicos e predição de compostos de milho (*Zea mays* L.) braquítico. Piracicaba, ESALQ/USP. 102p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA JR., C.L. e J.R. ZINSLY, 1981. Avaliação de variedades de milho (*Zea mays* L.) braquítico-2 em cruzamentos dialélicos. Rel. Cient. Depto. de Genética, ESALQ/USP, 15: 271-284.
- SPRAGUE, G.F., 1939. An estimation on the number of top-crossed plants required for adequate representation of a corn variety. J. Amer. Soc. Agron., 38: 11-16.
- SPRAGUE, G.F., 1946. Early testing of inbred lines of corn. J. Amer. Soc. Agron., 38: 108-117.
- SPRAGUE, G.F., 1955. Corn breeding. In: SPRAGUE, G.F., Ed. Corn and corn improvement. New York, Academic Press, p. 221-292.
- SPRAGUE, G.F., 1966. Quantitative genetics in plant improvement. In: FREY, K.J., Ed. Plant breeding, 1st ed. Ames, Iowa State Univ. Press, p.315-354.
- SPRAGUE, G.F. e L.A. TATUM, 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Agron., 34: 923-932.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill Book Company. 481p.

- St. JOHN, R.R., 1934. A comparison of reciprocal top crosses in corn. J. Amer. Soc. Agron., 26: 721-724.
- TORREGROZA, M. e D.D. HARPSTEAD, 1965. Performance of S_1 lines of maize per se and as test crosses to related and unrelated varieties. Agronomy Abstracts. p.21.
- VENCOVSKY, R.; J.R. ZINSLY e N.A. VELLO, 1971. Homogeneização de um composto de milho. Rel. Cient. Depto. Genética, ESALQ/USP, 5: 214-222.
- ZINSLY, J.R., 1984. Comunicação pessoal. Depto. e Instituto de Genética da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.
- ZINSLY, J.R.; J.B. MIRANDA FILHO e E. PATERNIANI, 1971. Efeito da competição entre as plantas de milho na produtividade. Rel. Cient. Depto. Genética, ESALQ/USP, 5: 223-228.
- ZUBER, M.S., 1942. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity trial data. J. Amer. Soc. Agron., 34: 30-47.

T A B E L A S

Tabela 6. Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2m², do Experimento 1, em látice simples 10x10, correspondente à avaliação de 100 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1981/82.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.
Repetições	1	0,4362	
Tratamentos não ajustados	99	58,2110	
Blocos D. rep. ajustados	18	9,6800	0,5378
Erro intra-blocos	81	26,0047	0,3210
Total	199	94,3319	
Tratamentos ajustados	99	50,7739	0,5129
Eficiência do látice (%)		-	104,61
Erro efetivo		-	0,3446
Fator de ajuste		-	0,0403
C.V. bloco ao acaso (%)		-	25,43
C.V. do látice (%)		-	24,86
Média geral (kg/5,2m ²)		-	2,3612
Média das testemunhas (kg/5,2m ²)		-	3,0790
C.V. genético (%)		-	13,12
Teste F (Trat. ajustados)		-	1,60*

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2m², do Experimento 2, em látice simples 10x10, correspondente à variação de 100 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1981/82.

Fonte de Variação	G.L	S.Q.	Q.M.
Repetições	1	0,3943	
Tratamentos não ajustados	99	43,4712	
Blocos D. rep. ajustados	18	12,8369	0,7132
Erro intra-blocos	81	13,6447	0,1685
Total	199	70,3470	
Tratamentos ajustados	99	31,1106	0,3142
Eficiência do látice (%)		-	139,43
Erro efetivo		-	0,1918
Fator de ajuste		-	0,0764
C.V. bloco ao acaso (%)		-	23,00
C.V. do látice (%)		-	19,48
Média geral (kg/5,2m ²)		-	2,2486
Média das testemunhas (kg/5,2m ²)		-	3,2090
C.V. genético (%)		-	12,00
Teste F (Trat. ajustados)		-	1,87**

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 8. Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de unidade, em kg/5,2m², do Experimento 3, em látice simples 10x10, correspondente à avaliação de 100 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1981/82.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.
Repetições	1	0,2192	
Tratamentos não ajustados	99	53,4400	
Blocos D. rep. ajustados	18	6,2694	0,3483
Erro intra-blocos	81	20,4047	0,2519
Total	199	80,3332	
Tratamentos ajustados	99	47,6051	0,4809
Eficiência do látice (%)		-	101,83
Erro efetivo		-	0,2646
Fator de ajuste		-	0,0277
C.V. bloco ao acaso (%)		-	20,75
C.V. do látice (%)		-	20,56
Média geral (kg/5,2m ²)		-	2,5014
Média das testemunhas (kg/5,2m ²)		-	3,1490
C.V. genético (%)		-	13,53
Teste F (Trat. ajustados)		-	1,91**

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 9. Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2m², do Experimento 4, em látice simples 10x10, correspondente à avaliação de 100 progênies "per se" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1981/82.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.
Repetições	1	3,7621	
Tratamentos não ajustados	99	51,6146	
Blocos D. rep. ajustados	18	14,4844	0,8047
Erro intra-blocos	81	18,1432	0,2240
Total	199	88,0043	
Tratamentos ajustados	99	38,2484	0,3863
Eficiência do látice (%)		-	130,07
Erro efetivo		-	0,2534
Fator de ajuste		-	0,0722
C.V. bloco ao acaso (%)		-	22,73
C.V. do látice (%)		-	19,93
Média geral (kg/5,2m ²)		-	2,5257
Média das testemunhas (kg/5,2m ²)		-	3,3060
C.V. genético (%)		-	11,28
Teste F (Trat. ajustados)		-	1,72*

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10. Análise da variância da produção de espigas despalhadas, corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2m², do Experimento 5, em látice simples 10x10, correspondente à avaliação de 100 progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1982/83.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.
Repetições	1	0,0192	
Tratamentos não ajustados	99	25,7529	
Blocos D. rep. ajustados	18	0,9896	0,5550
Erro intra-blocos	81	7,7852	0,0961
Total	199	43,5468	
Tratamentos ajustados	99	15,1159	0,1527
Eficiência do látice (%)		-	162,39
Erro efetivo		-	0,1106
Fator de ajuste		-	0,0827
C.V. bloco ao acaso (%)		-	23,76
C.V. do látice (%)		-	18,65
Média geral (kg/5,2m ²)		-	1,7831
Média das testemunhas (kg/5,2m ²)		-	1,9850
C.V. genético (%)		-	9,43
Teste F (Trat. ajustados)		-	1,59*

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11. Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2m², do Experimento 6, em látice simples 10x10, cor-respondente à avaliação de 100 progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1982/83.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.
Repetições	1	0,1196	
Tratamentos não ajustados	99	27,3424	
Blocos D. rep. ajustados	18	18,0429	1,0024
Erro intra-blocos	81	11,0524	0,1364
Total	199	56,5572	
Tratamentos ajustados	99	16,5434	0,1671
Eficiência do látice (%)		-	186,15
Erro efetivo		-	0,1579
Fator de ajuste		-	0,0864
C.V. bloco ao acaso (%)		-	31,67
C.V. do látice (%)		-	23,22
Média geral (kg/5,2m ²)		-	1,7115
Média das testemunhas (kg/5,2m ²)		-	1,7510
C.V. genético (%)		-	7,24
Teste F (Trat. ajustados)		-	1,22 n.s.

n.s. - não significativo.

Tabela 12. Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2m², do Experimento 7, em látice simples 10x10, cor-respondente à avaliação de 100 progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1982/83.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.
Repetições	1	0,1458	
Tratamentos não ajustados	99	20,7797	
Blocos D. rep. ajustados	18	9,9707	0,5539
Erro intra-blocos	81	11,8869	0,1468
Total	199	42,7831	
Tratamentos ajustados	99	15,7236	0,1588
Eficiência do látice (%)		-	132,71
Erro efetivo		-	0,1664
Fator de ajuste		-	0,0735
C.V. blocos ao acaso (%)		-	27,58
C.V. do látice (%)		-	23,94
Média geral (kg/5,2m ²)		-	1,7034
Média das testemunhas (kg/5,2m ²)		-	1,9510
C.V. genético (%)		-	4,55
Teste F (Trat. ajustados)		-	1,08 n.s.

n.s. - não significativo.

Tabela 13. Análise da variância da produção de espigas despalhadas corrigidas para 0% de umidade, em kg/5,2m², do Experimento 8, em látice simples 10x10, cor-respondente à avaliação de 100 progênies "topcross" do CHSF br2. Estação Experimental da Caterpillar (Piracicaba - SP), 1982/83.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.
Repetições	1	0,0012	
Tratamentos não ajustados	99	29,3806	
Blocos D. rep. ajustados	18	10,9439	0,6080
Erro intra-blocos	81	10,2479	0,1265
Total	199	50,5736	
Tratamentos ajustados	99	17,6573	0,1784
Eficiência do látice (%)		-	147,90
Erro efetivo		-	0,1447
Fator de ajuste		-	0,0792
C.V. bloco ao acaso (%)		-	25,73
C.V. do látice (%)		-	21,16
Média geral (kg/5,2m ²)		-	1,7980
Média das testemunhas (kg/5,2m ²)		-	1,9190
C.V. genético		-	8,96
Teste F (Trat. ajustados)		-	1,41 n.s.

n.s. - não significativo.