

ALTEVIR DE MATOS LOPES

ENGENHEIRO-AGRÔNOMO

Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte

AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS CRÍPTICOS ENTRE DOIS
COMPOSTOS DE MILHO [*Zea mays, L*] NA PRIMEIRA
GERAÇÃO DE INTERCRUZAMENTO.

Orientador : Prof. Dr. JOÃO RUBENS ZINSLY

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre.

PIRACICABA

Est. de São Paulo - Brasil

1974

A memória de meu pai

DEDICO

A minha esposa

A minha mãe

OFEREÇO

= ii =

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução do presente trabalho, e de maneira especial ao

Prof. Dr. João Rubens Zinsly, conselheiro principal, pelos ensinamentos, orientação e amizade;

Prof. Dr. Ernesto Paterniani pelas sugestões e críticas construtivas na redação do trabalho;

Prof. Dr. Roland Vencovsky pelas sugestões e auxílio em alguns aspectos da análise estatística.

Prof. Dr. Almiro Blumenschein, Diretor do IGen, pelas facilidades concedidas;

Prof. Dr. João Lúcio de Azevedo pela colaboração na redação do "summary";

Prof. Alfonso Wisniewski, ex-diretor do IPEAN, pela oportunidade de aperfeiçoamento concedida;

Eng^o Agr^o Italo Falesi, Diretor do IPEAN e pesquisador do CNPq, pelo apoio no decorrer do curso;

Eng^o Agr^o Vicente Moraes, ex-coordenador de pesquisas fitotécnicas do IPEAN e pesquisador do CNPq, pelo incentivo durante o curso.

Conselho Nacional de Pesquisas pela bolsa de estudos recebida durante todo o período de pós-graduação;

Bibliotecária Odette Simão pela revisão das citações bibliográficas;

Srs. Walter Pompermayer e Mariano Aguado pela valiosa ajuda na execução dos trabalhos de campo. Sr. Ayrton Rasera pela colaboração nos cálculos estatísticos. Sra. Elisa S. Peron e José Broglio pela datilografia e impressão deste trabalho,

os meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
3. MATERIAL	13
4. MÉTODOS	16
4.1. Obtenção dos cruzamentos $S_0 \times S_0$	16
4.2. Ensaios de produção	17
4.3. Obtenção de dados	19
4.4. Correção dos dados para produção de grãos	20
4.5. Análise estatística	21
4.6. Seleção	22
5. RESULTADOS	23
5.1. Produção de grãos	23
5.2. Índice de espigas por planta	26
6. DISCUSSÃO	28
6.1. Produção de grãos	28
6.2. Índice de espigas por planta	31
7. RESUMO E CONCLUSÕES	33
8. SUMMARY AND CONCLUSIONS	36
9. LITERATURA CITADA	38
10. APÊNDICE	44

1. INTRODUÇÃO

Os resultados dos trabalhos sobre endogamia e cruzamentos entre linhagens, relatados por SHULL (1908, 1909) e EAST (1908, 1909), conduziram para o desenvolvimento do método do milho híbrido. Após a sugestão de JONES (1918) para a formação do híbrido duplo, o sucesso do método foi tão grande que esse processo tornou-se largamente utilizado em muitos locais onde o milho é cultivado.

Com a finalidade de aumentar a eficiência do método do milho híbrido, diversos processos de obtenção de linhagens foram sugeridos, entre os quais, o método da cova simples, a seleção por "pedigree", o uso de diplóides homozigóticos, o teste precoce, a seleção gamética e o melhoramento convergente e retrocruzamento, porém, o mais utilizado é o método "standard". Esse método consiste, de modo geral, na autofecundação das plantas, das populações básicas, que possuem os melhores

atributos agronômicos. A seleção é efetuada entre e dentro das linhagens até que estas atinjam um bom nível de homozigose. Essas linhagens são testadas para a capacidade geral de combinação e, em seguida, para a capacidade específica de combinação entre aquelas selecionadas na primeira etapa.

Após os primeiros resultados positivos obtidos com o milho híbrido, constatou-se que era mais difícil encontrar híbridos cada vez melhores. Verificou-se então, que havia necessidade de melhorar as populações de ampla base genética a fim de que as novas linhagens endogâmicas selecionadas pudessem originar híbridos mais produtivos (LONNQUIST, 1951, 1961 e PATERNIANI, 1966, 1969).

Recentemente, HALLAUER (1967a, 1967b) e LONNQUIST e WILLIAMS (1967) sugeriram um esquema para a seleção de linhagens a partir de duas populações prolíficas, previamente melhoradas e que exibem heterose quando intercruzadas. Segundo LONNQUIST e WILLIAMS (1967), a seleção para a capacidade específica de combinação pode ser feita, diretamente, a partir dessas populações, pelo isolamento de famílias de irmãos germanos interpopulacionais denominadas de híbridos duplos crípticos.

O método dos híbridos crípticos consiste, de modo geral, na autofecundação e no cruzamento de plantas individuais das duas populações. Os cruzamentos são avaliados em ensaios de produção e as sementes autofecundadas correspondentes aos melhores cruzamentos selecionados, na primeira etapa, são semeadas para obtenção dos novos cruzamentos

e autofecundações. O processo é repetido até que as progênies autofecundadas atinjam um bom nível de homozigose. No final, obtem-se linhagens endogâmicas de alta capacidade de combinação para a síntese de híbridos simples e duplos.

O objetivo do presente trabalho é testar a viabilidade da aplicação do método dos híbridos crípticos, em nossas condições, utilizando dois compostos prolíficos bem adaptados que foram sintetizados no Instituto de Genética, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, no Estado de São Paulo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A possibilidade de aumentar a produtividade através do uso da geração F_1 do cruzamento entre variedades de milho, de polinização livre, foi relatada por BEAL (1877). Nos seus experimentos, os híbridos intervarietais produziram 10 a 50% a mais do que as variedades parentais. Com a finalidade de produzir híbridos intervarietais, MORROW e GARDNER (1893) desenvolveram um processo visando a obtenção de sementes híbridas F_1 . Assim sendo, a hibridação varietal forneceu algumas informações iniciais sobre heterose de rendimento em milho e assim, indiretamente, proporcionou incentivo para trabalhos subsequentes, sobre endogamia e hibridação.

Os trabalhos sobre endogamia e cruzamentos entre linhagens de milho foram relatados inicialmente por SHULL (1908, 1909) e EAST (1908, 1909). Esses estudos propiciaram o desenvolvimento do método do

milho híbrido. O método consiste no isolamento de linhagens puras, avaliando-se todos os possíveis cruzamentos entre elas e selecionando-se os melhores cruzamentos simples para rendimento e outras características agronômicas. O método apresentava dificuldades na sua aplicação, devido ao número relativamente pequeno de linhas endogâmicas aproveitáveis e à dificuldade de obter sementes híbridas suficientes. Esse problema foi resolvido quando JONES (1918) sugeriu que os híbridos simples, de alta produtividade, fossem usados como pais para produzir o híbrido duplo. Esse processo tornou-se largamente aceitável no uso comercial. Consequentemente a hibridação intervarietal foi praticamente abandonada e a maioria dos trabalhos de melhoramento do milho passaram a visar ao método do milho híbrido.

Neste processo tradicional, a obtenção de linhagens é feita, de modo geral, pela seleção de plantas que apresentam melhores características agronômicas. Essas plantas são autofecundadas durante 3 ou 4 gerações, eliminando-se as plantas de características agronômicas inferiores, em cada geração de autofecundação. As linhagens S_3 ou S_4 são testadas para a capacidade geral de combinação e, em seguida, para a capacidade específica de combinação entre aquelas selecionadas, na primeira etapa.

Outros métodos foram sugeridos para a obtenção de linhagens puras com a finalidade de aumentar a eficiência do método do milho híbrido. Pode-se citar o método da cova simples (JONES e SINGLETON, 1934), a seleção por "pedigree" (HAYES e JOHNSON, 1939 e JOHNSON e HAYES,

1940); o uso de diplóides homozigóticos (CHASE, 1949 e 1952); o teste precoce (SPRAGUE, 1946 e LONNQUIST, 1950); o melhoramento convergente e retrocruzamento (RICHEY, 1927) e a seleção gamética (STADLER, 1944).

Após os primeiros progressos substanciais obtidos com híbridos entre linhagens, verificou-se que ganhos subsequentes eram difíceis de serem alcançados, embora a soma de esforços dispendidos fosse bem maior do que para a obtenção dos primeiros híbridos. LONNQUIST (1949, 1951, 1961) e PATERNIANI (1966, 1969) sugeriram o melhoramento de populações varietais a fim de torná-las melhores fontes de linhagens mais produtivas e de características agronômicas mais desejáveis.

PATERNIANI (1966, 1969) efetuou uma revisão sobre o melhoramento de populações e citou os diversos métodos que podem ser utilizados com a finalidade de aumentar a frequência de genes superiores, pois, a frequência dos genes favoráveis presentes numa população constitui fator importante na proporção de linhagens superiores derivadas.

Entre os métodos utilizados, a formação de compostos foi sugerida com a finalidade de melhor aproveitar a variabilidade existente nas diferentes variedades e raças, pois, a disponibilidade de compostos especiais representando os inúmeros tipos de milho existentes, oferecem boas oportunidades à seleção para os mais variados atributos (CASTRO, GARDNER e LONNQUIST, 1968 e PATERNIANI, 1968).

EBERHART, HARRISON e OGADA (1967) propuseram um método de melhoramento que pode ser iniciado com a síntese de dois compostos com

suficiente variabilidade genética, de modo que, o cruzamento entre esses compostos seja heterótico. Segundo LONNQUIST e WILLIAMS (1967), essas populações, previamente selecionadas e que exibem respostas heteróticas quando cruzadas, podem ser utilizadas efetivamente na redução do tempo requerido para o desenvolvimento de híbridos superiores. Assim, a seleção para capacidade específica de combinação pode ser efetuada diretamente a partir dessas populações pelo isolamento de híbridos denominados de crípticos.

Com base nesses princípios, HALLAUER (1967a, 1967b) sugeriu um método que tem a finalidade de selecionar os melhores pares de linhagens puras durante o processo de endogamia. Esse método foi planejado para maximizar a seleção entre os pares de genótipos, com base na sua performance de rendimento, em combinações híbridas. Assim sendo, difere da maioria dos métodos de melhoramento do milho, porque são selecionados pares de genótipos, em vez de genótipos individuais, em cada geração de endogamia.

Para usar o método é necessário ter plantas prolíficas nas duas populações. O método consiste das seguintes fases:

Fase 1: São feitos os cruzamentos entre plantas S_0 individuais, usando-se a espiga superior e, em seguida, essas mesmas plantas são autofecundadas, utilizando-se a segunda espiga. Os híbridos $S_0 \times S_0$ são avaliados em ensaios de produção e as sementes autofecundadas de cada planta S_0 são armazenadas para uso futuro. Desde que os cruzamentos

não podem ser testados extensivamente por causa da quantidade insuficiente de sementes, uma intensidade suave de seleção é sugerida (cêrca de 30 a 50%).

Fase 2: Os pares de linhagens S_1 que representam os cruzamentos $S_0 \times S_0$ selecionados são plantados espiga-por-fileira. O mesmo método utilizado para obter cruzamentos e autofecundações entre plantas S_0 é usado entre plantas dos pares de progênies S_1 . Sugere-se que 4 a 6 cruzamentos sejam efetuados dentro de cada par de progênies S_1 . É recomendada uma intensidade de seleção relativamente baixa (30 a 50%).

Fase 3: As sementes S_2 do material selecionado são plantadas espiga-por-fileira em pares que correspondem aos cruzamentos $S_0 \times S_0$ originais. Cruzam-se e autofecundam-se as plantas S_2 . Os cruzamentos são avaliados em ensaios de produção e as seleções são feitas para dar continuidade aos cruzamentos e autofecundações entre plantas das progênies S_3 .

Fase n: O processo é repetido até que as progênies autofecundadas das plantas utilizadas atinjam um bom nível de homozigose.

O método sugerido por HALLAUER (1967a, 1967b) tem a finalidade de desenvolver, eficientemente, híbridos simples pela seleção também para efeitos genéticos não aditivos. Desde que a seleção é entre pares de genótipos, o principal interesse está na performance das combinações específicas. As avaliações, inicial e subsequentes, serão para as combinações específicas. Assim sendo, a seleção para efeitos genéticos

não aditivos para rendimento entre um par de genótipos será maximizada.

HALLAUER (1967a, 1967b, 1973) utilizou essa metodologia em seus trabalhos para a obtenção de híbridos crípticos. O material utilizado consistiu de duas populações prolíficas: o "Composto Pioneer" e o "Sintético Iowa". Obteve, inicialmente, 144 pares de cruzamentos $S_0 \times S_0$ e as sementes S_1 , correspondentes à cada cruzamento. Testou as progênies $S_0 \times S_0$ em ensaios de produção e selecionou os 54 melhores cruzamentos. Nessa fase, somente, dois cruzamentos $S_0 \times S_0$ apresentaram rendimentos superiores à média dos híbridos controles. Embora o número de progênies representativas de plantas originais tenha decrescido de 144 S_0 para 54 S_1 , 160 progênies de irmãos germanos foram testadas na geração S_1 . Nesta geração 37 cruzamentos $S_1 \times S_1$ foram superiores a média dos híbridos controles. O método foi continuado até a geração S_6 . Nessa geração somente 5 das progênies representativas das plantas S_0 originais foram incluídos nos 14 híbridos, entretanto, todos esses cruzamentos foram superiores a média dos híbridos controles.

LONNQUIST e WILLIAMS (1967) empregaram o método dos híbridos crípticos usando as populações SSS_{III} e B_{IV} , previamente selecionadas para capacidade geral de combinação. Foram obtidos 102 cruzamentos $S_0 \times S_0$ que foram avaliados em ensaios de produção. A heterose média observada foi de 31% com uma variação de -8% a 51%, o que mostra uma grande variação entre os 102 híbridos crípticos. O rendimento médio dos cruzamentos $S_0 \times S_0$ foi 6% maior do que a média dos híbridos controles. Foram selecionados os 5 melhores cruzamentos $S_0 \times S_0$ e a partir desses

cruzamentos foram obtidos os cruzamentos $S_1 \times S_1$ que foram testados em ensaios de produção. Os rendimentos dos dois tipos ($S_0 \times S_0$ vs. $S_1 \times S_1$) foram essencialmente iguais. Diferenças altamente significantes foram observadas entre cruzamentos dentro de cada família. Foi sugerido que a seleção intra-populacional em duas populações que exibem resposta heterótica quando cruzadas pode ser usada efetivamente na redução do tempo requerido para o desenvolvimento de híbridos superiores. Uma vez que o melhoramento prévio das populações é feito às custas da variabilidade genética aditiva, não há necessidade de desenvolver, nem de efetuar avaliação para a capacidade geral de combinação. Assim, a seleção para capacidade específica de combinação pode ser feita imediatamente diminuindo o tempo e o esforço no desenvolvimento de híbridos.

SILVA (1970) utilizou o método dos híbridos crípticos, empregando as populações Cateto PG, Azteca PG, Maya V e IAC-1 IV, previamente selecionadas para produção e a população não melhorada WP-12. Apesar do número de cruzamentos ser bastante reduzido, com exceção de Cateto PG x Azteca PG que envolveu 51 cruzamentos, constataram-se ganhos genéticos altamente expressivos em quase todos os grupos de cruzamentos individuais. O autor observou uma tendência geral para maior produtividade quando o índice de espiga é elevado.

MAGNAVACA (1973) avaliou a aplicação do processo de obtenção de linhagens pelo método dos híbridos crípticos, num programa de melhoramento de milho, no Estado de Minas Gerais. Utilizou duas populações de ampla base genética, denominadas Cateto Colômbia Composto e

Dentado Composto A. Obteve 104 cruzamentos $S_0 \times S_0$ que foram testados em ensaios de produção. Foram selecionados 39 dos 104 híbridos crípticos, o que correspondeu a uma intensidade de seleção de 37,5%. Esse material selecionado deu origem a 89 cruzamentos $S_1 \times S_1$ que foram testados em ensaios de produção. Foram selecionados 33 dos 89 híbridos crípticos, o que correspondeu a uma intensidade de seleção de 37,2%. Os cruzamentos $S_1 \times S_1$ selecionados representam 24% das famílias de cruzamentos $S_0 \times S_0$ avaliados inicialmente, pois, dos 39 cruzamentos $S_0 \times S_0$ selecionados, 25 forneceram cruzamentos $S_1 \times S_1$ para dar prosseguimento ao trabalho. Baseado nesses resultados o autor conclui que é viável a obtenção de linhagens, a partir das duas populações estudadas, pelo método dos híbridos crípticos.

Para a utilização do método proposto para a obtenção de híbridos crípticos é necessário ter plantas prolíficas, pelo menos, em uma das populações paternas. JENKINS (1940), na descrição da seleção recorrente no desenvolvimento de variedades sintéticas, sugeriu que, se a população paterna é prolífica, uma das espigas das plantas pode ser autofecundada, enquanto a outra pode ser usada para cruzamentos. Entretanto, polinizações duplas para produzir sementes cruzadas e autofecundadas na mesma planta foram usadas em estudos preliminares. SPRAGUE (1939) e WILLIAMS, PENNY e SPRAGUE (1965) produziram sementes autofecundadas e cruzadas na mesma espiga.

Durante o desenvolvimento do método é essencial que o caráter prolifidade seja mantido. Além disso, as plantas prolíficas

apresentam melhores resultados. Estudos de FREEMAN (1955), JOSEPHSON (1957, 1961) e COLLINS, RUSSELL e EBERHART (1965) indicam que os milhos prolíficos produziram mais consistentemente do que os tipos de espiga única. BAUMAN (1960) mostrou que, em média, 25% da produção total foi dada pela espiga secundária, embora somente 9% das espigas secundárias tenham produzido mais que as primárias. LONNQUIST (1967) reportou que 5 ciclos de seleção massal para a prolificidade aumentaram o rendimento de grãos em cerca de 6,28% por ciclo. Os resultados de HALLAUER (1973), mostram que a capacidade para produzir sementes na 2ª espiga foi um fator importante no desenvolvimento de híbridos com rendimentos superiores, pois 31% da produção de grãos, dos 14 híbridos simples selecionados, foi fornecida pelas espigas inferiores.

3. MATERIAL

Para testar a primeira etapa do método dos híbridos crípticos foram utilizados os compostos A e B, que são prolíficos, sintetizados no Instituto de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Ambos os compostos encontravam-se na quinta geração de recombinação e foram escolhidos devido ao caráter prolifícidade.

Esses compostos foram obtidos a partir de 10 populações do banco de germoplasma do Instituto de Genética: WP-4, WP-7, WP-11, WP-12, WP-17, WP-24, WP-25, WP-33, WP-34 e Piracar.

Uma breve descrição dessas populações foi feita por PATERNIANI (1968) e é apresentada a seguir:

WP-4: - Narifio 330 x Peru 330. Flint branco.

- WP-7: - Eto Blanco: Trata-se da conhecida variedade de milho flint branco obtida na Colômbia.
- WP-11:- Porto Rico Gpo. 2: Semi-dentado amarelo.
- WP-12:- Composto semi-duro amarelo. Compreende uma das melhores coleções intervarietais de flints e semi flints com dentados (Tuxpeño).
- WP-17:- Antigua Gpo. 2: Semi-flint amarelo do Caribe. Plantas baixas, precoces, prolíficas, parecem ter resistência à Laphygma e têm alta capacidade de combinação com Tuxpeño.
- WP-24:- PD(MS)6: Flint Amarelo de Cuba obtido por seleção massal.
- WP-25:- La Posta: Dentado branco. Tuxpeño branco sintético de alta produtividade.
- WP-33:- Amarillo Salvadoreño: Semi-dentado amarelo (Dr. Paterniani, informação pessoal).
- WP-34:- Sintético de Florida: Semi-dentado amarelo (Dr. Paterniani, informação pessoal).
- Piracar:- Flint laranja, espigas curtas e algo cônicas. Florescimento com cerca de 70 dias. Proveniente do México, onde foi obtido de uma combinação de 20 linhagens S₁.

Em 1968, as 10 populações foram intercruzadas em dialélico. No ano seguinte, foram efetuados os ensaios de rendimento das populações e respectivos cruzamentos entre elas. Pelas estimativas das médias concluiu-se que o Composto A deveria ser formado pelo intercruzamento das populações WP-4, WP-7 e WP-25, enquanto que, o Composto B deveria ser constituído pelas populações restantes: WP-11, WP-17, WP-24, WP-33, WP-34 e Piracar (VENCOVSKY, ZINSLY, VELLO e GODOI, 1970).

Os dois compostos A e B possuem grande variabilidade genética e alta produtividade, tanto nas populações "per se" como nos intercruzamentos, onde a heterose apresenta valor significativo (10,2%).

Como testemunhas foram usados o híbrido duplo AG-152 e a variedade Centralmex. O AG-152 é um híbrido duplo comercial com sementes de aparência semidentada e coloração amarela, produzido pela Sementes Agrocere S/A e de grande distribuição nesta região. A variedade Centralmex é uma geração avançada do cruzamento América Central x Piramex com posterior seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos (PATERNIANI, 1968).

4. MÉTODOS

4.1. Obtenção dos cruzamentos S₀ x S₀

As sementes dos compostos A e B foram plantadas em fileiras, alternadamente, de modo que a uma fileira do Composto A seguia-se uma fileira do Composto B, e assim, sucessivamente.

Na época da floração, foi feita uma seleção no Composto A, visando características agronômicas. As plantas selecionadas do Composto A eram identificadas por meio de etiquetas e a segunda espiga de cada planta era autofecundada. Simultaneamente, efetuava-se uma seleção no Composto B, também para caracteres agronômicos e, após a identificação das plantas, efetuava-se a autofecundação da segunda espiga. A finalidade da autofecundação era manter os genes das plantas.

Dois dias depois, a espiga superior de cada planta selecionada do Composto A era fertilizada pelo pólen de uma planta do Composto B, também selecionada e que estava localizada na fileira adjacente. Em seguida, efetuava-se o cruzamento recíproco e procedia-se a identificação dos dois cruzamentos.

Foram efetuadas mil autofecundações em cada composto, e conseqüentemente, foram feitos mil cruzamentos recíprocos.

Essa seqüência de autofecundar a segunda espiga e, somente dois dias depois, efetuar o cruzamento da espiga superior foi utilizada para permitir o desenvolvimento da segunda espiga. Se a espiga superior é polinizada ao mesmo tempo em que a segunda é autofecundada, há uma dominância apical (LONNQUIST e WILLIAMS, 1967).

Após a colheita foi efetuada uma seleção nas espigas visando eliminar aquelas que apresentavam características indesejáveis. Foram obtidos 173 cruzamentos, os quais possuíam sementes S_1 correspondentes nos dois compostos.

Esta etapa do presente trabalho foi executada pelo Prof. Dr. João Rubens Zinsly, como parte de um projeto do Instituto de Genética.

4.2. Ensaio de produção

Os delineamentos utilizados para avaliar os 173 cruzamentos $S_0 \times S_0$ foram dois látices simples duplicados, sendo um de 10×10

(Experimento I) e outro de 9 x 9 (Experimento II).

O experimento I era composto de 96 híbridos $S_0 \times S_0$, dos compostos A e B, do híbrido duplo AG-152 e da variedade Centralmex totalizando 100 tratamentos.

O experimento II constou de 77 cruzamentos $S_0 \times S_0$, dos compostos A e B, do híbrido duplo AG-152 e da variedade Centralmex num total de 81 tratamentos.

A semeadura foi feita em área do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", no Município de Piracicaba, São Paulo, a uma altitude de 556 metros e latitude $22^{\circ}43'S$. As duas primeiras repetições de cada experimento foram semeadas no dia 13 e as restantes no dia 25 de outubro de 1972.

Semearam-se 3 grãos por cova, num total de 75 sementes por parcela. Cada parcela era formada por uma fileira de 10 metros de comprimento. O espaçamento entre parcelas era de 1,00 m e entre plantas, 0,40 m. Os dois experimentos apresentaram um total de 724 parcelas. Plantou-se uma bordadura de 3 fileiras ao redor do experimento com milho da variedade Centralmex.

O desbaste foi efetuado 15 dias após o plantio. Segundo VIEGAS (1966), o desbaste efetuado nesse estágio de desenvolvimento das plantas não ocasiona prejuízos sérios para a produção. Assim sendo, o "stand" foi reduzido para 2 plantas por cova totalizando 50 plantas por parcela que corresponde a 50.000 plantas por hectare.

4.3. Obtenção de dados

Assim que as plantas atingiram seu completo desenvolvimento vegetativo, iniciou-se a anotação de dados. Os dados relativos aos caracteres de plantas foram tomados no campo, durante a realização dos experimentos e anotados em etiquetas que identificavam a parcela e o respectivo tratamento. Foram feitas as seguintes anotações:

- a) Número de espigas por planta - Foi feita uma contagem para cada tratamento, anotando-se o número de espigas por planta. O total de espigas de cada parcela era dividido pelo "stand" final dessa parcela a fim de obter o índice de espigas por planta.
- b) Contagem do "stand" final - Antes da colheita foi anotado o "stand" final de todos os tratamentos, ou seja, o número de plantas por parcela na ocasião da colheita.

Após a colheita, as espigas correspondentes a cada parcela foram colocadas em sacos de pano, que permitiam boa circulação de ar.

No laboratório, foram feitas as seguintes anotações:

- a) Peso das espigas - as espigas das plantas correspondentes a cada parcela foram pesadas a fim de ser estimado o peso (em kg).
- b) Peso das sementes - Em seguida, as espigas eram debulhadas. Após a eliminação dos sabugos, nova pesagem

foi feita para ter o peso do rendimento de cada tratamento (em kg).

- c) Teor de umidade - O teor de umidade foi determinado para cada parcela, através de uma amostra de 100 gramas de sementes previamente homogeneizadas, em recipiente impermeável. A determinação foi feita em um aparelho Steinlite Eletronic Tester, modelo G.

4.4. Correção dos dados para produção de grãos

Com os valores obtidos, o teor de umidade das sementes foi ajustado para 15,5% constante para todos os tratamentos utilizando-se a seguinte fórmula:

$$P_{15,5\%} = \frac{P_c (1 - U)}{(1 - 0,155)}$$

onde:

$P_{15,5\%}$ = peso seco corrigido para 15,5% de umidade

P_c = peso de campo observado

U = umidade observada

$(1-0,155)$ = expressa a matéria seca quando a umidade é de 15,5%.

As correções para o "stand" de cada parcela foram feitas para o "stand" ideal de 50 plantas por parcela. Para essa finalidade, utilizou-se a fórmula de ZÜBER (1942), considerada como adequada para se

obter uma boa estimativa da parcela em questão, desde que o número de plantas falhadas não seja superior a 20%. A fórmula é a seguinte:

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

onde:

PCC = peso de campo corrigido

PC = peso de campo

H = número ideal de plantas por parcela

F = número de falhas.

Esta fórmula adiciona à produção, 0,7 do rendimento médio para cada planta falhada e considera, que 0,3 da sua produção é recuperada pelo aumento de produtividade das plantas vizinhas.

4.5. Análise estatística

Usando os totais de produção por parcela, após o ajuste do "stand" para 50 plantas por parcela e teor de umidade para 15,5%, foi feita a análise da variância para o caráter peso dos grãos. Também foi efetuada a análise da variância para o caráter prolificidade usando-se o índice médio de espigas por planta, por parcela.

Como para os dois caracteres analisados, tanto no Experimento I como no Experimento II, o ganho em eficiência do delineamento láctice em relação ao de blocos ao acaso foi relativamente pequeno, utilizou-se a análise como blocos ao acaso, sem ajuste das médias dos

tratamentos. O quadrado médio de tratamentos foi decomposto, a fim de separar os efeitos dos cruzamentos $S_0 \times S_0$ e das testemunhas.

Para expressar a eficiência dos delineamentos em látice, tomou-se como base, a eficiência dos blocos ao acaso como igual a 100.

Com a finalidade de avaliar a precisão nas estimativas das médias dos tratamentos foram obtidos os coeficientes de variação nos dois experimentos.

4.6. Seleção

A fim de estudar comparativamente os resultados de produção entre todos os 173 cruzamentos $S_0 \times S_0$, foi calculada a porcentagem de produção de cada híbrido $S_0 \times S_0$, em relação a média dos compostos parentais no Experimento I, e em seguida, no Experimento II. Tomou-se a média dos pais, como base, igual a 100%. Consequentemente, todos os dados tornaram-se comparativos entre os dois experimentos.

Para dar seqüência ao método, houve necessidade de efetuar uma seleção entre os 173 cruzamentos $S_0 \times S_0$. HALLAUER (1967a, 1967b) sugeriu que sejam selecionados 30 a 50% dos cruzamentos que mais produziram no teste de rendimento. Essa intensidade suave de seleção foi proposta devido a que os cruzamentos $S_0 \times S_0$ não puderam ser testados extensivamente por causa da pouca quantidade de sementes obtidas.

Com base nessa sugestão, efetuou-se uma intensidade de seleção de 40% nos cruzamentos de rendimentos superiores. Esses cruzamentos superiores foram selecionados através das porcentagens de produção de cada cruzamento $S_0 \times S_0$ em relação a média entre os pais e não em termos de valores absolutos.

5. RESULTADOS

5.1. Produção de grãos

Na tabela 1 são apresentados os resultados da análise da variância dos totais de produção por parcela para o caráter peso dos grãos, nos dois experimentos.

O ganho em eficiência, do delineamento látice em relação ao de blocos ao acaso foi relativamente pequeno. No Experimento I, a eficiência do delineamento látice foi de 100,46%, enquanto que no Experimento II, foi de 109,75%. Segundo ARRUDA (1952), esse reduzido aumento de eficiência pode ser explicado pela escolha acertada da posição das repetições no terreno, embora tenham sido utilizadas parcelas de 10 m². Assim, a componente da variação entre repetições foi suficiente para controlar a heterogeneidade do solo.

O teste F permite concluir que houve diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre os tratamentos, nos dois experimentos. A decomposição do efeito de tratamentos permitiu observar que existe diferenças significativas entre os híbridos $S_0 \times S_0$ ao nível de 1% de probabilidade, tanto no Experimento I quanto no Experimento II. Esse resultado pode ser explicado devido a grande variabilidade existente entre os cruzamentos $S_0 \times S_0$. Deve-se ressaltar que a variabilidade desses compostos é resultado de sua própria formação.

O coeficiente de variação do Experimento I foi de 18,1% enquanto que no Experimento II foi de 18,5%. Segundo GOMES (1970) esses coeficientes de variação podem ser considerados como médios para essa condição.

A média geral do Experimento I foi de 6.369 kg/ha, enquanto que no Experimento II foi de 6.341 kg/ha. Em relação aos resultados obtidos nas experimentações do Instituto de Genética, essas médias são consideradas boas, apesar de ter havido um período de estiagem, aproximadamente, uma quinzena antes do início da floração. Após esse período, houve distribuição de chuvas de modo normal para a região.

Pouco antes da colheita, os experimentos sofreram os efeitos de um vendaval anormalmente intenso para a região. Isto impediu a avaliação do grau de acamamento.

As tabelas 3 e 4 mostram os resultados referentes ao peso dos grãos, corrigidos para 15,5% de umidade e "stand" de 50 plantas por parcela, de todos os tratamentos incluídos nos 2 experimentos. Nessas

tabelas, também são apresentadas as porcentagens de produção de cada cruzamento $S_0 \times S_0$, em relação a média dos dois compostos paternos.

O rendimento médio dos 96 cruzamentos $S_0 \times S_0$, incluídos no Experimento I, foi de 6.356 kg/ha, com uma amplitude de 4.672 a 8.214 kg/ha. Neste experimento, o composto A produziu 6.605 kg/ha, enquanto a produtividade do composto B foi de 5.619 kg/ha. Através desses valores observou-se que a média dos compostos paternos foi de 6.111 kg/ha. Comparando-se a média dos 96 $S_0 \times S_0$ com a média dos pais, observou-se uma heterose de 246 kg/ha. Entretanto, a média desses cruzamentos foi inferior as médias do híbrido duplo AG-152 e da variedade Centralmex, que produziram 7.405 e 6.993 kg/ha, respectivamente.

Os 77 cruzamentos $S_0 \times S_0$ restantes, testados no experimento II, apresentaram rendimento médio de 6.336 kg/ha, com uma variação de 3.794 a 8.200 kg/ha. As produções dos compostos A e B foram respectivamente, 5.970 e 5.926 kg/ha, o que resultou em uma produção média de 5.948 kg/ha. Quando comparada com a média dos pais, a média dos 77 $S_0 \times S_0$ mostrou um efeito heterótico de 388 kg/ha. Também, neste ensaio, a média do híbrido duplo AG-152 (7.078 kg/ha) e a média da variedade Centralmex (6.775 kg/ha) foram superiores a média dos cruzamentos $S_0 \times S_0$.

Com base na sugestão de HALIAUER (1967a, 1967b) foram selecionados os 69 $S_0 \times S_0$ mais produtivos, que corresponderam a 38 $S_0 \times S_0$ no Experimento I (tabela 5) e 31 $S_0 \times S_0$ no Experimento II (tabela 6). Observou-se que a heterose média dos 69 híbridos $S_0 \times S_0$ selecionados, em

relação à média dos pais, foi de 19,23% e, considerando-se que a heterose dos 173 cruzamentos $S_0 \times S_0$ foi de 5,14%, concluiu-se que o diferencial de seleção foi de 14,09%, em termos de heterose percentual.

Em termos individuais, considerando-se os dois experimentos, a maior heterose foi observada no cruzamento nº 109, com 37,9% acima das médias dos dois compostos paternos.

5.2. Índice de espigas por planta

Na tabela 2 são apresentados os resultados da análise da variância do caráter índice de espigas por planta.

A eficiência da análise como látice em relação a de blocos ao acaso foi de 101,95% para o Experimento I e de 106,61% para o Experimento II. Como a eficiência foi relativamente pequena nos dois experimentos, a análise da variância foi feita como blocos ao acaso, sem ajuste das médias dos tratamentos.

O teste F indicou diferenças significativas, ao nível de 1% de probabilidade, entre os tratamentos, nos dois experimentos. A decomposição desse efeito mostrou que há diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade, para a variação entre os $S_0 \times S_0$, nos dois experimentos.

Os coeficientes de variação foram 18,3% para o Experimento I e 16,4% para o Experimento II. Esses valores podem ser considerados como médios para essa condição (GOMES, 1970).

O índice médio de espigas por planta dos cruzamentos $S_0 \times S_0$, incluídos no Experimento I, foi de 1,17, com uma amplitude de 0,92 a 1,61 espigas por planta. Os índices dos compostos A e B foram 1,19 e 1,13 espigas por planta o que resultou 1,16 espigas em termos de média entre os 2 compostos. O híbrido duplo AG-152 e a variedade ~~Centralmex~~ apresentaram índices de 1,09 e 1,11 espigas por planta, respectivamente.

No Experimento II, o índice médio de espigas por planta, dos 77 cruzamentos $S_0 \times S_0$ foi de 1,11, com uma amplitude de 0,69 a 1,42 espigas por planta. Os compostos A e B apresentaram índices de 1,12 e 1,08, os quais proporcionaram um índice médio de 1,10 espigas por planta. O híbrido duplo AG-152 e a variedade Centralmex apresentaram índices de 1,12 e 1,09 espigas por planta, respectivamente.

Como consequência da escolha de 40% aplicada nos cruzamentos $S_0 \times S_0$ nota-se que, no material selecionado, houve um aumento no índice de espigas por planta, no Experimento I, de 1,17 para 1,25 havendo um diferencial de seleção de 0,08 espigas por planta (tabela 5). No Experimento II, também houve aumento correlacionado no material selecionado. Assim, verifica-se que o aumento foi de 1,11 para 1,21 que corresponde a um diferencial de seleção de 0,10 espigas por planta.

6. DISCUSSÃO

6.1. Produção de grãos

Conforme pode ser observado nos resultados, foram obtidos 173 cruzamentos $S_0 \times S_0$, com as sementes autofecundadas correspondentes a cada par de plantas cruzadas. Um número maior de cruzamentos foi conseguido; entretanto, não possuíam sementes S_1 correspondentes, ou então, havia sementes autofecundadas sem as respectivas sementes dos cruzamentos. Levando-se em consideração que a utilização deste método requer bastante habilidade por parte do pessoal que realiza as autofecundações e cruzamentos controlados, conclui-se que foi um bom resultado.

A técnica utilizada para obtenção dos cruzamentos e das sementes autofecundadas consistiu em autofecundar a segunda espiga e, em seguida, efetuar o cruzamento usando-se a espiga superior. Essa técnica permite obter um maior número de sementes cruzadas, visto que as

espigas superiores são, geralmente, maiores que as inferiores. Esse mesmo processo foi empregado por MAGNAVACA (1973). O método original proposto por HALLAUER (1967a, 1967b, 1973) consiste no cruzamento das espigas inferiores e na autofecundação das superiores.

Com base nos valores apresentados nas tabelas 3 e 4, observa-se que 27 cruzamentos $S_0 \times S_0$, entre os 173 testados, apresentaram rendimentos superiores ao híbrido duplo AG-152. Comparando-se com a média da variedade Centralmex, verifica-se que 51 cruzamentos $S_0 \times S_0$ foram superiores à média dessa variedade. Deve-se ressaltar que as testemunhas utilizadas nos ensaios de produção, o híbrido duplo AG-152 e a variedade Centralmex, são bastante cultivados no Estado de São Paulo, em face da alta produtividade que os mesmos apresentam.

Segundo LONNQUIST e WILLIAMS (1967), a superioridade inicial desses cruzamentos $S_0 \times S_0$, quando comparados ao híbrido e a variedade controles, é devida a cruzamentos que envolvem plantas superiores nas duas populações paternas, como consequência do melhoramento anterior dessas populações. Assim sendo, esses resultados estão de acordo com LONNQUIST (1951, 1961) e PATERMIANI (1966, 1969) que sugeriram o melhoramento de populações a fim de torná-las melhores fontes de linhagens paternas mais produtivas e de melhores características agronômicas.

As comparações entre as médias de produção dos 173 híbridos crípticos mostram haver diferenças negativas e positivas, com uma variação de 63,79% a 137,86%, em relação a média dos compostos paternas.

Esses resultados estão de acordo com aqueles observados por HALLAUER (1967a, 1967b), LONNQUIST e WILLIAMS (1967), SILVA (1970) e MAGNAVACA (1973) que verificaram grande variação nos cruzamentos $S_0 \times S_0$.

Considerando-se a média dos 173 cruzamentos $S_0 \times S_0$, constatou-se que houve uma heterose de 5,14% em relação a média dos compostos paternos A e B. Entretanto, na formação desses compostos, VENCOVSKY, ZINSLY, VELLO e GODOI (1970) obtiveram um valor médio para o cruzamento A x B que proporcionou uma heterose de 10,2%, quando comparado com a média dos compostos A e B. Essa diferença poderia ser devido à interação por ano e à grande variabilidade existente nos dois compostos.

Quando aplicou-se a intensidade de seleção de 40%, observou-se que houve um diferencial de seleção de 14,09% em termos de heterose percentual. Esse resultado mostrou a grande variabilidade existente nos dois compostos e que o aproveitamento dessa variabilidade pode ser efetuada através de seleção.

Esses resultados iniciais observados nos cruzamentos $S_0 \times S_0$ demonstraram que há possibilidades de se formar objetivamente populações compostas a partir de variedades, obtendo-se assim, um bom material para eventuais programas de seleção (CASTRO, GARDNER e LONNQUIST, 1968 e PATERNIANI, 1968). A maior vantagem apresentada na síntese dos compostos A e B, que possuem suficiente variabilidade genética, é que esses compostos foram formados de modo que o cruzamento A x B seja heterótico (VENCOVSKY, ZINSLY, VELLO e GODOI, 1970) o que concorda com EBERHART,

HARRISON e OGADA (1967). Assim, essas populações podem ser usadas, efetivamente, na redução do tempo necessário para o desenvolvimento de híbridos superiores (LONNQUIST e WILLIAMS, 1967).

6.2. Índice de espigas por planta

Durante o programa de seleção é essencial e importante que o caráter prolificidade seja mantido a fim de que o método proposto possa ser utilizado em todas as gerações de cruzamentos e autofecundações. Paralelamente, deve-se observar que o número de espigas também é um dos componentes da produção.

A média dos cruzamentos $S_0 \times S_0$, quando comparada com a média dos 2 compostos paternos, mostra que houve heterose para número de espigas por planta.

Nos cruzamentos $S_0 \times S_0$ selecionados observou-se que, concomitantemente com o aumento de rendimento, houve aumento no índice de espigas por planta. Os resultados obtidos neste trabalho mostram uma possível correlação positiva entre produção e prolificidade. Assim sendo, esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por FREEMAN (1955), JOSEPHSON (1957, 1961) e COLLINS, RUSSEL e EBERHART (1965). Os resultados obtidos mostram a importância da segunda espiga para o aumento da produção. Esses resultados concordam também com aqueles obtidos por BAUMAN (1960) nos quais o autor observou que, em média, 25% da produção total foi fornecida pela espiga secundária. LONNQUIST (1967)

também verificou a importância da espiga inferior, na produção total. Resultados semelhantes foram obtidos por HALLAUER (1973) nos quais, as espigas secundárias contribuíram com 31% da produção total dos híbridos simples selecionados.

7. RESUMO E CONCLUSÕES

No presente estudo, avaliou-se o comportamento dos cruzamentos $S_0 \times S_0$ obtidos do cruzamento entre os compostos A e B, como fase inicial do método proposto por LONNQUIST e WILLIAMS (1967) e HALLAUER (1967a, 1967b, 1973). O composto A foi formado pelo intercruzamento das populações WP-4, WP-7 e WP-25 provenientes do CIMMYT, no México. O composto B foi constituído pelo intercruzamento das seguintes populações: WP-11, WP-12, WP-17, WP-24, WP-33, WP-34 e PIRACAR, também provenientes de programas de melhoramento do México.

Os dois compostos A e B foram sintetizados no Instituto de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Esses compostos, que são prolíficos, possuem grande variabilidade genética e alta produtividade, tanto nas populações "per se" como nos cruzamentos onde a heterose apresenta valor significativo.

Foram obtidos 173 cruzamentos $S_0 \times S_0$, resultantes dos cruzamentos entre os dois compostos. Esses híbridos crípticos foram testados em ensaios de produção juntamente com os dois compostos paternos, o híbrido duplo AG-152 e a variedade Centralmex.

Foram analisados os dados de produção de grãos e índice de espigas por planta. Dos resultados obtidos pode-se tirar as seguintes conclusões:

a) A heterose verificada quando a média dos 173 cruzamentos $S_0 \times S_0$ é comparada com a média dos pais sugere que os compostos A e B são boas fontes para a obtenção de linhagens.

b) O aumento observado no índice de espigas por planta, correspondente ao aumento de produção, indica a eficiência do método para aumentar a prolificidade.

c) As produções de cada híbrido $S_0 \times S_0$, quando comparadas com a média dos dois compostos paternos, mostram a vantagem da utilização de duas populações que possuem grande variabilidade genética.

d) Foram obtidos cruzamentos $S_0 \times S_0$ mais produtivos que as testemunhas. Isto indica a eficiência do método para identificar cruzamentos específicos superiores, obtidos a partir de duas populações previamente melhoradas.

e) Os elevados rendimentos apresentados por alguns híbridos crípticos $S_0 \times S_0$, na primeira etapa do método, mostram que há redução no tempo necessário para a obtenção de híbridos, quando são

empregadas populações que exibem heterose quando inter cruzadas.

f) O método utilizado apresentou-se bastante promissor para a seleção de linhagens e formação de híbridos a partir dos compostos A e B.

8. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The present work was carried out to evaluate the behaviour of crosses $S_0 \times S_0$ obtained from the cross between the composites A and B, as an initial step of the method proposed by LONNQUIST and WILLIAMS (1967) and HALLAUER (1967a, 1967b, 1973). The two composites were essentially composed from germplasms of Tuxpeño and flints from Colombian and Cuban origin.

Both composites were synthesized in the Instituto de Genética, ESALQ. Such composites are prolific, present great genetical variability and high productivity both in populations "per se" and in crosses where heterosis does present significative value.

173 crosses $S_0 \times S_0$ were obtained all from crosses between composites A and B. Such criptic hybrids were tested in yield trials

which included also both parental composites, the double hybrid AG-152 and the Centralmex variety.

Data of grain production and ear per plant were analysed. From the obtained results the following conclusions can be drawn:

- a) Heterosis obtained by comparison of the mean of 173 crosses $S_0 \times S_0$ with the parental mean does suggest that the A and B composites are good sources for the lines obtention.
- b) The observed increase for the ear per plant corresponding to production increase is an indication of the efficiency of the method in the prolificity increase.
- c) The comparison of the production of each hybrid $S_0 \times S_0$ with the parental composite mean does show the advantage of the use of two populations with great genetical variability.
- d) Some crosses $S_0 \times S_0$ were more productive than the controls. These results are an indication of the efficiency of the method for the identification of superior specific crosses obtained through two populations already used in breeding programs.
- e) The great productivity presented by some criptic hybrids $S_0 \times S_0$ in the first step of the method does show that there is a reduction in time for the obtention of hybrids when are used populations with heterosis in intercrossings.
- f) The method used is of value for the selection of lines and hybrid formation from A and B composites.

9. LITERATURA CITADA

1. ARRUDA, H.V. Precisão dos delineamentos tipos Lattice em milho. Bragantia, Campinas, 12 (10/12): 309-13, out./dez. 1952.
2. BAUMAN, L.F. Relative Yield of First (apical) and Second Ears of Semi-Prolific Southern Corn Hybrids. Agron. J., Washington, 52 (4): 220-2, Apr. 1960.
3. BEAL, W.J. Report of the Professor of Botany and Horticulture. Rept. Mich. Bd. Agr.: 41-59, 1877. Apud SPRAGUE, G.F. Corn and corn improvement. New York, Academic press, 1955. cap. 5, p. 226.
4. CASTRO, G.M.; GARDNER, C.O.; LOMQUIST, J.H. Cumulative Gene Effects and the Nature of Heterosis in Maize Crosses Involving Genetically Diverse Races. Crop Sci., Madison, Wis., 8 (1):97-101, Jan./Feb. 1968.

5. CHASE, S.A. Monoploid frequencies in a commercial double cross hybrid maize and in its component single cross hybrids and inbred lines. Genetics, Princeton, 34 (3): 328-32. May 1949.
6. CHASE, S.S. Production of homozygous diploids of maize from monoploids. Agron. J., Washington, 44 (5): 263-7. May 1952.
7. COLLINS, W.K.; RUSSEL, W.A.; EBERHART, S.A. Performance of two-year type of corn belt maize. Crop Sci., Madison, Wis., 5 (2):113-6, Mar./Apr. 1965.
8. EAST, E.M. Inbreeding in corn. Rept. Connecticut Agr. Exp. Sta. for 1907: 419-28, 1908. Apud SPRAGUE, G.F. Corn and corn improvement. New York, Academic press, 1955. cap. 5, p. 234.
9. _____. The distinction between development and heredity in inbreeding. Am. Nat., Lancaster, Pa., 43: 173-81, 1909. Apud SPRAGUE, G.F. Corn and corn improvement. New York, Academic press, 1955. cap. 5, p. 234.
10. EBERHART, S.A.; HARRISON, M.N.; OGADA, R. A comprehensive breeding system. Züchter, Berlin, 37 (4): 169-74, July 1967.
11. FREEMAN, W.H. Evaluating hybrids in the South. Proc. Hybrid Corn Industry Research Conf. Chicago, 10: 24-31, 1955.
12. GOMES, F. Pimentel. Curso de estatística experimental. 4ª ed. São Paulo, Nobel, 1970. 430 p.
13. HALLAUER, A.R. Development of Single-Cross Hybrids from Two-Eared Populations. Crop. Sci. Madison, Wis. 7 (13): 192-5, May/June 1967a.

14. HALLAUER, A.R. Performance of single cross hybrids developed from two-ear varieties. Proc. Hybrid Corn Industry Research Conf., Chicago, 22: 74-81, 1967b.
15. _____. Hybrid development and population improvement in maize by reciprocal full-sib selection. Egypt. J. Genet. Cytol., Cairo, 2 (1): 84-101, Jan., 1973.
16. HAYES, H.K. & JOHNSON, I.S. The breeding of improved selfed lines of corn. J. Am. Soc. Agron., Washington, 31 (7): 710-24. July 1939.
17. JENKINS, M.T. The segregation of genes affecting yield of grain in maize. J. Am. Soc. Agron., Washington, 32 (1): 55-63, Jan. 1940.
18. JOHNSON, I.J. & HAYES, H.K. The value in hybrid combinations of inbred lines of corn selected from single crosses by the pedigree of breeding. J. Am. Soc. Agron. Washington, 32 (6): 479-85. June 1940.
19. JONES, D.F. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. Connecticut Agric. Exp. Sta. Bull. 207, 5-100, 1918. Apud SPRAGUE, F.G. Corn and corn improvement. New York, Academic Press, 1953. cap. 5, p. 234.
20. _____ & SINGLETON, W.R. Crossed sweet corn. Com. Agr. Expt. Sta. Bull., (361): 489-536. 1934. Apud PATERNIANI, E. Genética e melhoramento do milho. In: CULTURA e adubação do milho. São Paulo, Inst. Bras. Potassa, 1966, cap. 4, p. 127-8.

21. JOSEPHSON, L.M. Breeding for early prolific hybrids. Proc. Hybrid Corn Industry Research Conf., Chicago, 12: 71-9, 1957.
22. _____. Combining prolificacy and earliness. Proc. Hybrid Corn Industry Research Conf., Chicago, 16: 45-52, 1961.
23. LONNQVIST, J.H. The development and performance of synthetic varieties of corn. Agron. J., Washington, 41 (4): 1531-61, Apr. 1949.
24. _____. The effect of selection for combining ability within segregating lines of corn. Agron. J., Washington, 42 (10): 503-8. Oct. 1950.
25. _____. Recurrent selection as a means of modifying combining ability in corn. Agron. J., Washington, 43 (7): 311-5, July 1951.
26. _____. Progress from recurrent selection procedures for the improvement of corn populations. Nebraska Agr. Exp. Sta. Res. Bull. (197) 1961.
27. _____. Mass selection for prolificacy in maize. Züchter Berlin, 37 (4): 185-8, July 1967.
28. _____ & WILLIAMS, N.E. Development of maize hybrids through selection among full-sib families. Crop Sci., Madison, Wis., 7 (4): 368-70, July/Aug. 1967.
29. MAGNAVACA, R. Aplicação do método dos híbridos crípticos para obtenção de linhagens de milho (*Zea mays*, L.). Piracicaba, 1973. 52 p. [Dissertação (Mestre)-ESALQ].

30. MORROW, G.E. & GARDNER, F.D. Field experiments with corn. Ill. Agr. Exp. Sta. Bull. 2, 1893. In: JUGENHEIMER, R.W. Hybrid maize breeding and seed production. Rome, FAO, 1958. 432 p. (FAO Agric. Development paper).
31. PATERNIANI, E. Genética e melhoramento do milho. In: CULTURA e adubação do milho. São Paulo, Inst. Bras. Potassa, 1966, cap. 4, p. 109-151.
32. _____. Formação de compostos de milho. Rel. cient. Inst. Genética, ESALQ. Piracicaba, 102-8, 1968.
33. _____. Melhoramento genético de populações de milho. In: KERR, W.E. Melhoramento e genética. São Paulo, USP, 1969, cap. 2, p. 39-59.
34. RICHEY, F.D. The convergent improvement of selfed lines of corn. Am. Nat. Lancaster, Pa. 61: 430-49, 1927. Apud PATERNIANI, E. Genética e melhoramento do milho. In: CULTURA e adubação do milho. São Paulo, Inst. Bras. Potassa, 1966, cap. 4, p. 109-51.
35. SHULL, G.H. The composition of a field of maize. Am. Breed. Assoc. Rept., 4: 296-301, 1908. Apud SPRAGUE, G.F. Corn and corn improvement. New York, Academic press, 1955. cap. 5, p. 221-292.
36. _____. A pure line method in corn breeding. Am. Breed. Assoc. Rept. 5: 51-9, 1909. Apud SPRAGUE, G.F. Corn and corn improvement. New York, Academic press, 1955. cap. 5, p. 221-292.
37. SILVA, W.J. Híbridos cripticos em populações melhoradas de milho. REUNIAO BRASILEIRA DE MILHO, 7^a, Porto Alegre, 1970. Anais. Porto Alegre, 1970. p. 44-6.

38. SPRAGUE, G.F. An estimation of the number of top-crossed plants required for adequate representation of a corn variety. J. Am. Soc. Agron., Washington, 31 (1): 11-6, Jan. 1939.
39. _____. Early testing of inbred lines of corn. J. Am. Soc. Agron., Washington, 38 (2): 108-17, Feb. 1946.
40. STADLER, L.J. Gamete selection in corn breeding. J. Am. Soc. Agron., Washington, 36 (12): 988-9. Dec. 1944.
41. VENCOVSKY, R.; ZINSLY, J.R.; VELLO, N.A.; GODOY, C.R.M. Predição da média de um composto de variedades e do cruzamento de compostos. Rel. cient. Inst. Genética, ESALQ. Piracicaba, 137-44. 1970.
42. VIEGAS, G.P. Técnica cultural. In: CULTURA e adubação do milho. São Paulo, Inst. Bras. Potassa, 1966. cap. 9, p. 263-31.
43. WILLIAMS, J.C.; PENNY, L.H.; SPRAGUE, G.F. Full-sib and half-sib estimates of genetic variance in an open-pollinated variety of corn, Zea mays, L. Crop Sci., Madison, Wis. 5 (2): 125-9. mar./apr. 1965.
44. ZUBER, M.S. Relative efficiency of in complete block designs using corn uniformity trial data. J. Am. Soc. Agron., Washington, 34 (1): 30-47, Jan. 1942.

A P Ê N D I C E

Tabela 1. Análise da variância dos totais de produção por parcela de 10 m², para o caráter peso dos grãos. Experimentos em látice simples duplicado 10 x 10 e 9 x 9 analisados como blocos ao acaso. Progenies S₀ x S₀ e testemunhas. Piracicaba, 1973.

Fontes de Variação	Experimento I		Experimento II	
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
Repetições	3	28,1585**	3	35,6120**
Tratamentos	99	2,0540**	80	2,4309**
Híbridos S ₀ x S ₀ (H.)	95	2,0732**	76	2,5028**
Testemunhas (T.)	3	1,7262 n.s.	3	1,2153 n.s.
H. vs. T.	1	1,2136 n.s.	1	0,6097 n.s.
Resíduo	297	0,9992	240	1,0332
Total	399		323	
Média geral		6,369		6,341
Média dos híbridos S ₀ x S ₀		6,356		6,336
Média das testemunhas		6,532		6,437
Coefficiente de variação		18,1%		18,5%

n.s. = não significativo

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 2. Análise da variância do número médio de espigas por planta, por parcela de 10 m². Experimentos em látice simples duplicado 10 x 10 e 9 x 9, analisados como blocos ao acaso. Cruzamentos S₀ x S₀ e testemunhas. Piracicaba, 1973.

Fontes de Variação	Experimento I		Experimento II	
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
Repetições	3	0,1095 n.s.	3	0,0775 n.s.
Tratamentos	99	0,0786**	80	0,0740**
Híbridos S ₀ x S ₀ (H.)	95	0,0814**	76	0,0778**
Testemunhas (T.)	3	0,0069 n.s.	3	0,0012 n.s.
H. vs. T.	1	0,0216 n.s.	1	0,0010 n.s.
Resíduo	297	0,0461	240	0,0333
Total	399		323	
Média geral		1,17		1,11
Média dos híbridos S ₀ x S ₀		1,17		1,11
Média das 4 testemunhas		1,13		1,10
Coefficiente de variação		18,3%		16,4%

n.s. = não significativo

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 3. Produção dos 96 cruzamentos $S_0 \times S_0$, dos compostos A e B, do híbrido duplo e da variedade, incluídos no Experimento I, expressa em peso dos grãos (kg/ha), corrigidos para unidade de 15,5% e "stand" de 50 plantas por parcela, juntamente com a produção em porcentagem da média dos compostos A e B. São apresentados, também, os valores médios do caráter índice de espiga por planta. Piracicaba, 1973.

Nº de Ordem	Nº do $S_0 \times S_0$	Produção kg/ha	% relação média comp. A e B	Índice de espiga por planta
1	47	8214	134,41	1,39
2	52	7993	130,80	1,49
3	75	7950	130,09	1,34
4	70	7609	124,51	1,42
5	11	7587	124,15	1,57
6	36	7583	124,09	1,18
7	92	7575	123,96	1,26
8	04	7569	123,86	1,21
9	61	7561	123,73	1,34
10	81	7532	123,25	1,23
11	12	7436	121,68	1,51
12	42	7408	121,22	1,23
13	50	7387	120,88	1,16
14	69	7362	120,47	1,16
15	05	7330	119,95	1,16
16	29	7291	119,31	1,02
17	17	7264	118,87	1,61
18	46	7230	118,31	1,35
19	30	7203	117,87	1,10
20	32	7120	116,51	1,31
21	19	7094	116,09	1,21
22	44	7085	115,94	1,08
23	73	7051	115,38	1,44
24	91	7004	114,61	1,19
25	03	6998	114,52	1,34
26	93	6979	114,20	1,13
27	84	6952	113,76	1,12
28	21	6947	113,68	1,29
29	40	6920	113,24	1,33
30	65	6906	113,01	1,18
31	67	6857	112,21	1,12

Tabela 3. Continuação

Nº de Ordem	Nº de S _o x S _o	Produção kg/ha	% relação média comp. A e B	Índice de espiga por planta
32	59	6848	112,06	1,30
33	18	6839	111,91	1,21
34	09	6824	111,67	1,14
35	45	6760	110,62	1,20
36	95	6756	110,56	0,96
37	27	6670	109,15	1,06
38	48	6606	108,10	1,03
39	10	6592	107,87	1,18
40	51	6564	107,41	1,30
41	39	6506	106,46	1,33
42	77	6468	106,17	1,06
43	07	6443	105,43	1,04
44	78	6401	104,75	1,13
45	16	6395	104,65	1,36
46	56	6369	104,22	1,09
47	24	6294	102,99	1,10
48	66	6271	102,62	1,02
49	64	6261	102,45	1,26
50	14	6253	102,32	1,28
51	38	6251	102,29	1,13
52	71	6233	102,00	1,15
53	80	6192	101,33	1,11
54	55	6167	100,92	1,16
55	37	6136	100,41	1,20
56	96	6121	100,16	1,08
57	58	6094	99,72	1,06
58	22	6043	98,89	1,07
59	06	5996	98,12	1,06
60	79	5992	98,05	1,26
61	63	5985	97,94	0,96
62	74	5976	97,79	1,10
63	86	5957	97,48	1,24
64	87	5953	97,41	1,05
65	28	5942	97,23	1,05
66	49	5937	97,15	1,06
67	60	5911	96,73	1,00
68	15	5815	95,16	1,28
69	23	5770	94,42	1,02
70	76	5752	94,13	1,09
71	43	5734	93,83	0,94

Tabela 3. Continuação

Nº de Ordem	Nº de S _o x S _o	Produção kg/ha	% relação média comp. A e B	Índice de espiga por planta
72	83	5717	93,55	1,19
73	94	5649	92,44	1,04
74	25	5622	92,00	1,15
75	68	5618	91,93	1,11
76	90	5615	91,88	1,17
77	34	5552	90,85	1,33
78	35	5492	89,87	1,16
79	72	5488	89,81	1,11
80	02	5478	89,64	1,14
81	53	5450	89,18	1,10
82	13	5437	88,97	1,12
83	62	5421	88,71	1,05
84	31	5376	87,97	1,00
85	01	5357	87,66	1,12
86	26	5348	87,51	1,02
87	88	5347	87,50	1,03
88	41	5306	86,83	1,28
89	08	5253	85,96	0,92
90	89	5212	85,29	1,29
91	82	5112	83,65	1,10
92	54	5083	83,18	1,00
93	20	5051	82,65	1,11
94	33	4831	79,05	0,96
95	57	4728	77,37	0,96
96	85	4672	76,45	0,95
Composto A		6605	108,08	1,19
Composto B		5619	91,95	1,13
Média comp. A + B		6111	100,00	1,16
Híb. duplo AG-152		7405	121,17	1,09
Var. Centralmex		6993	113,45	1,11

Tabela 4. Produção dos 77 cruzamentos $S_0 \times S_0$, dos compostos A e B, do híbrido duplo e da variedade, incluídos no Experimento II, expressa em peso dos grãos (kg/ha), corrigidos para unidade de 15,5% e "stand" de 50 plantas por parcela, juntamente com a produção em porcentagem da média dos compostos A e B. São apresentados, também, os valores médios do caráter índice de espiga por planta, Piracicaba, 1973.

Nº de Ordem	Nº do $S_0 \times S_0$	Produção kg/ha	% relação média comp. A e B	Índice de espiga por planta
1	109	8200	137,86	1,38
2	107	8144	136,92	1,37
3	173	7940	133,49	1,17
4	135	7775	130,72	1,28
5	139	7769	130,62	1,22
6	158	7503	126,14	1,39
7	174	7498	126,06	1,33
8	176	7487	125,87	1,41
9	130	7364	123,81	1,18
10	132	7337	123,35	1,42
11	114	7255	121,97	1,23
12	111	7224	121,45	1,33
13	104	7208	121,18	1,05
14	121	7142	120,07	1,13
15	122	7112	119,57	1,17
16	157	7065	118,78	1,12
17	142	7017	117,97	1,16
18	161	7014	117,92	1,16
19	108	6964	117,08	1,09
20	154	6906	116,11	1,04
21	128	6902	116,04	1,11
22	165	6897	115,85	1,16
23	172	6882	115,70	1,18
24	163	6870	115,50	1,31
25	119	6827	114,78	1,17
26	115	6793	114,21	1,15
27	140	6721	113,00	1,10
28	105	6701	112,66	1,25
29	131	6636	111,57	1,13
30	168	6625	111,38	1,18

Tabela 4. Continuação

Nº de Ordem	Nº do S ₀ x S ₀	Produção kg/ha	% relação média comp. A e B	Índice de espiga por planta
31	164	6597	110,91	1,06
32	159	6512	109,48	1,27
33	138	6475	108,86	1,09
34	155	6458	108,57	1,10
35	144	6448	108,41	0,96
36	169	6440	108,27	1,00
37	113	6415	107,85	1,09
38	117	6408	107,73	1,02
39	102	6405	107,68	1,07
40	116	6397	107,55	1,19
41	129	6350	106,76	1,30
42	134	6216	104,51	1,06
43	175	6199	104,22	1,13
44	126	6164	103,63	1,05
45	166	6127	103,01	1,12
46	120	6119	102,87	1,12
47	177	6117	102,84	1,25
48	101	6067	102,00	1,17
49	170	6053	101,77	1,06
50	110	6000	100,87	1,35
51	153	5981	100,55	0,95
52	160	5966	100,30	1,02
53	149	5919	99,51	1,00
54	137	5904	99,26	0,98
55	145	5885	98,94	1,13
56	146	5821	97,86	0,99
57	141	5767	96,96	1,06
58	147	5731	86,35	1,01
59	127	5705	95,91	1,15
60	162	5697	95,78	1,19
61	125	5581	93,83	1,09
62	106	5538	93,11	1,05
63	150	5537	93,09	1,09
64	136	5448	91,59	0,90
65	156	5415	91,04	1,98
66	151	5393	90,67	1,02
67	124	5376	90,38	0,93
68	133	5356	90,05	1,01
69	171	5299	89,09	0,93
70	143	5151	86,60	0,91

Tabela 4. Continuação

Nº de Ordem	Nº do S ₀ x S ₀	Produção kg/ha	% relação média comp. A e B	Índice de espiga por planta
71	118	5092	85,61	1,01
72	148	5065	85,15	1,04
73	123	4992	83,93	1,08
74	167	4974	83,62	0,87
75	103	4965	83,47	1,05
76	152	4809	80,85	0,86
77	112	3794	63,79	0,69
Composto A		5970	100,36	1,12
Composto B		5926	99,63	1,08
Média comp. A + B		5948	100,00	1,10
Hib. Duplo AG-152		7078	118,99	1,12
Var. Centralmex		6775	113,90	1,09

Tabela 5. Resultados observados antes e depois da seleção de 40%, aplicada nos cruzamentos $S_0 \times S_0$ superiores, no Experimento I. Também são apresentados os dados referentes à média dos compostos A e B do híbrido duplo AG-152 e da variedade Centralmex.

Tratamentos	Produção kg/ha	% relação média com postos paternos	Índice de espiga por planta
Média 96 $S_0 \times S_0$	6356	104,03	1,17
Média 38 $S_0 \times S_0$ selecionados	7216	118,08	1,25
Composto A	6605	108,08	1,19
Composto B	5619	91,95	1,13
Média comp. A + B	6111	100,00	1,16
Hib. dup. AG-152	7405	121,17	1,09
Variedade Centralmex	6993	113,45	1,11

Tabela 6. Resultados observados antes e depois da seleção de 40%, aplicada nos cruzamentos $S_0 \times S_0$ superiores no Experimento II. Também são apresentados dados referentes à média dos compostos A e B, do híbrido duplo AG-152 e da variedade Centralmex.

Tratamentos	Produção kg/ha	% em relação média compos tos paternos	Índice de espiga por planta
Média 77 $S_0 \times S_0$	6336	106,53	1,11
Média 31 $S_0 \times S_0$ selecionados	7173	120,59	1,21
Composto A	5970	100,36	1,12
Composto B	5926	99,63	1,08
Média comp. A + B	5948	100,00	1,10
Hib. dup. AG-152	7078	118,99	1,12
Variedade Centralmex	6775	113,90	1,09

Tabela 7. Resumo dos resultados obtidos nos Experimentos I e II. Intensidade de seleção de 40% para a produção de grãos.

Experimentos	Nº de cruzamentos $S_0 \times S_0$	Cruzamentos $S_0 \times S_0$ selecionados	Cruzamentos $S_0 \times S_0$ superiores ao híbrido duplo AG-152	
I	96	38	12	12,5%
II	77	31	15	19,5%
Total	173	69	27	15,6%