SELEÇÃO DIVERGENTE PARA TAMANHO DO PENDÃO
E POSIÇÃO DA ESPIGA NA POPULAÇÃO ESALQ-PB 1
DE MILHO (*zea mays* L.)

JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

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 Con-
centração: Genética e Melhoramen-
to de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Maio - 1988

Andrade, João Antonio da Costa.

Seleção divergente para tamanho do pendão e posição da espiga na população ESALQ-PB 1 de milho (*Zea mays* L.) Piracicaba, 1988. 136p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia

1. Seleção divergente - Pendão - Espiga.
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Quei
roz, Piracicaba.

s meus pais Luiz e Margarida
que através do bom exemplo
e do amor, forneceram o firme suporte
embasador de minha formação.

OFEREÇO.

À minha esposa Vera Lúcia
pelo amor e abnegação, e ao meu
filho Felipe pela graça e alegria
com que veio ao mundo.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa os seus agradecimentos a DEUS, que tudo isto permitiu, e a todos que direta ou indiretamente participaram deste trabalho, em especial:

. Ao Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho pela orientação, ensinamentos e sugestões para o bom desenvolvimento deste trabalho.

. Aos Professores Dr. Isaías Olívio Geraldi e Dr. Cláudio Lopes de Souza Júnior pela colaboração nos trabalhos de campo e pelas sugestões apresentadas.

. Aos demais professores do Instituto de Genética pela experiência e ensinamentos transmitidos.

. Aos funcionários do Instituto de Genética nas pessoas dos Srs. Antonio Miotto e Narciso Razera, pelos serviços prestados.

. A Sra. Vera Lúcia Menezes de Castro Andrade pela confecção das tabelas e figuras.

. À CAPES-PICD pela bolsa concedida.

. À ASGROW DO BRASIL, unidade de Birigui, SP, pela condução de um dos experimentos.

. Ao colega Mario Luiz Teixeira de Moraes pelo incentivo e auxílio na correção final.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
SUMMARY	viii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Caracteres do pendão	04
2.2. Altura de espigas	17
2.3. Seleção divergente	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1. Material	34
3.2. Métodos	35
3.2.1. Seleção divergente	35
3.2.2. Ensaios de avaliação	38
3.2.3. Análise estatística	39
4. RESULTADOS	44
5. DISCUSSÃO.....	53
5.1. Análise de variância preliminar	53
5.2. Médias observadas	55
5.3. Médias estimadas	59
5.3.1. Modelo matemático	59
5.3.2. Progressos com seleção para NRP	60
5.3.3. Respostas correlacionadas à seleção para NRP	62
5.3.4. Progressos com seleção para AE	64
5.3.5. Respostas correlacionadas à seleção para AE	67

Página

5.3.6. Assimetria da resposta à seleção divergente para NRP	69
5.3.7. Simetria da resposta à seleção divergente para AE	74
5.4. Seleção combinada NRP - produção	76
5.5. Seleção combinada AE - produção	78
5.6. Seleção combinada NRP - AE-produção ..	79
6. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
TABELAS	96
FIGURAS	111

SELEÇÃO DIVERGENTE PARA TAMANHO DO PENDÃO
E POSIÇÃO DA ESPIGA NA POPULAÇÃO ESALQ-PB 1
DE MILHO (*Zea mays* L.)

Autor: JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE
Orientador: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos diretos da seleção para as características número de ramificações do pendão (NRP) e altura de espigas (AE) e os efeitos indiretos sobre outras características de importância agrônômica, foram realizados três ciclos de seleção divergente na população ESALQ-PB 1 de milho. O primeiro ciclo foi praticado entre famílias de meios irmãos e nos ciclos seguintes praticou-se seleção massal. A avaliação dos ciclos de seleção foi feita através de três experimentos em blocos ao acaso, com 20 repetições, conduzidos em locais diferentes, com 20 tratamentos (população original, os três ciclos de seleção divergente e os respectivos cruzamentos entre linhas divergentes em cada ciclo e uma testemunha). Além das características selecionadas, NRP e AE, foram também estudadas: altura da planta (AP), posição relativa da espiga ($PRE = AE/AP$), prolificidade (PRO), produção de espigas (PE) e produção de grãos (PG).

Através de uma análise de regressão conjunta, foi possível observar, em média, grande eficiência na se

leção para se aumentar e diminuir NRP e AR. Após 3 ciclos de seleção, a primeira característica foi aumentada em 10,18 unidades (43,79%) na seleção positiva e reduzida em 5,77 unidades (-24,80%) na seleção negativa. Do mesmo modo a AE foi aumentada em 11,09 cm (8,73%) e diminuída em 10,81 cm (-8,51%). As demais características também mostraram alterações ao longo dos 3 ciclos de seleção. Assim a seleção para maior NRP provocou aumentos significativos em AP, AE e PRE, além de diminuições em PRO, PE e PG. A seleção para menor NRP provocou efeitos contrários nessas características. Por seu lado a seleção positiva para AE aumentou significativamente AP, PRE e NRP, enquanto a seleção negativa reduziu essas características. A PE mostrou tendência em aumentar, de maneira não significativa, tanto na seleção positiva para AE como na seleção negativa, o mesmo ocorrendo com a PG.

Os resultados observados e estimados através da análise de regressão permitem concluir que NRP, sendo uma característica de fácil avaliação, pode ser utilizada no processo seletivo de plantas mais produtivas. O ideal seria a eliminação das plantas fracas (normalmente com pendões menores) e dentre as mais vigorosas tomar aquelas de pendões menores. Os resultados também mostraram que, na população ESALQ-PB 1, é possível reduzir-se AE sem perdas na produção, permitindo-se assim uma arquitetura mais apropriada para as plantas.

DIVERGENT SELECTION FOR TASSEL SIZE AND EAR PLACEMENT
IN THE MAIZE (*Zea mays* L.) POPULATION ESALQ - PB 1

Author: JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

Adviser: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

SUMMARY

With the objective of evaluating the direct effects of selection on tassel branch number (NRP) and ear height (AE), and indirect effects on other characteristics of agronomic importance, three cycles of divergent selection were completed in the maize population ESALQ-PB 1. The first selection cycle was based on half-sib family means and the in next cycles mass selection for both sexes was used. For the evaluation of selection cycles the experiments were in completely randomized block design, with 20 replications, in three different locations with 20 entries comprising the original population, the three cycles of divergent selection and respective crosses within cycles for each selection line, and a commercial hybrid as check. Besides the selected traits, NRP and AE, the following traits also were studied: plant height (AP), ear placement ($PRE = AE/AP$), prolificacy (PRO) and yield measured by ear weight (PE) and grain weight (PG).

Using a combined regression analysis, it was

observed, on the average, the efficiency of selection to increase and decrease tassel branch number and ear height. After three cycles of selection, the first characteristic was increased by 10.18 unities (43.79%) in positive selection and decreased by 5.77 unities (-24.80%) in negative selection. In the same manner the ear height was increased by 11.09 cm (8.73%) and decreased by 10.81 cm (-8.51%). The others traits also showed changes along the three cycles of selection. Thus selection to increase tassel branch number also increased significantly plant height, ear height and ear placement and decreased prolificacy, ear yield and grain yield. On the other hand selection to decrease NRP decreased plant height, ear height, ear placement and increased prolificacy ear yield and grain yield. The positive selection for ear height also increased plant height, ear placement and tassel branch number while the negative selection decreased those characteristics. The ear yield increased (not significantly) in both positive and negative selection for ear height. The same tendency of increase (significant in positive line) was observed in grain yield.

The observed results and those estimated through regression analysis permit to conclude that tassel branch number can be considered in the selection process because in it will contribute for the obtention of superior and more efficient genotypes. The results also showed that, in the population ESALQ-PB 1, it's possible to decrease ear height

without losses in yield, that may also contribute of a better architecture of the maize plant.

1. INTRODUÇÃO

As técnicas convencionais de melhoramento genético do milho, ou seja, aquelas voltadas exclusivamente para produção, foram sendo auxiliadas, ao longo do tempo, por novas técnicas relacionadas às características complementares ao sistema produtivo. Assim incorporaram-se as técnicas de melhoramento de cultivares através da introdução de resistência a doenças, resistência a insetos, resistência ao acamamento, etc. Nas duas últimas décadas tem havido uma maior preocupação com a arquitetura da planta, no sentido de melhorar a eficiência fotossintética do milho e diminuir perdas do produto no campo. Com isso os melhoristas têm procurado trabalhar com características como área foliar, orientação foliar, precocidade, coincidência do florescimento feminino com a liberação de pólen, porte da planta e posição da espiga na planta, buscando a obtenção de um ideotipo de milho, conforme considerado por MOCK & PEARCE (1975).

Dentro do contexto de um ideotipo de milho, além da diminuição da altura da espiga (AE), que tornaria as plantas mais resistentes ao acamamento e melhor adaptadas à

colheita mecânica, detectou-se também a possibilidade da redução do tamanho do pendão, através da seleção de plantas com pendões menos ramificados, sem prejuízo da polinização e com vantagens pelo fato de tornar a planta mais eficiente na conversão de nutrientes em grãos.

ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979; 1980) relataram ampla variabilidade genética aditiva e uma herdabilidade de 61,6% para o número de ramificações do pendão (NRP) na população ESALQ-PB 1, que é o material utilizado neste estudo. Esta característica também mostrou-se correlacionada com outros caracteres da planta. GHINI & MIRANDA FILHO (1979) estudaram AE nesta população e foi encontrada variabilidade suficiente para permitir previsões de progresso com seleção.

Considerando os estudos prévios acima citados, os objetivos propostos no presente trabalho foram:

a) Determinar o efeito direto da seleção nas características consideradas (AE e NRP);

b) Determinar o efeito indireto da seleção para AE e NRP sobre outras características de importância agronômica tais como altura de plantas (AP), prolificidade (PRO), posição relativa da espiga (PRE) e, principalmente, produção, representada pelo peso de espigas (PE) e peso de grãos (PG).

Para tais finalidades foi utilizada a seleção divergente (seleção para aumentar e diminuir a característica) que é a mais indicada segundo FALCONER (1960b) pelo fa-

to da resposta da divergência ser aproximadamente duas vezes a resposta em apenas uma direção. Também a variação entre gerações se reduz para aqueles efeitos que afetam ambas as linhas de maneira semelhante. O uso de seleção divergente permite ainda obter-se inferências sobre a estrutura genética da população e, a longo prazo, conhecer-se os padrões de resposta e os limites de seleção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARACTERES DO PENDÃO

A existência de uma relação entre pendão e produção de grãos de milho, já foi observada há algum tempo. Nos primeiros trabalhos feitos com despendoamento, esta prática provocou aumentos na produção (Watson, 1983; Newman, 1893; Smith et alii, 1895; Kimbrough, 1911 e Kiesselbach, 1922)¹, diminuições na produção (Hayward, 1891; Ingersoll, 1892 e Mills, 1893)¹ ou não mostrou efeito algum (Morrow & Gardner, 1892)¹.

Foi com o advento do milho híbrido, quando o despendoamento tornou-se uma prática comum nos campos de produção de sementes, que o interesse sobre a inflorescência masculina aumentou e trabalhos melhor controlados foram conduzidos para verificar se tal prática era prejudicial ou não. Assim LEONARD & KIESELBACH (1932) obtiveram um aumento de 1,5% na produção de plantas despendoadas, enquanto Isidoro (1934)²

¹ Citados por LEONARD & KIESELBACH (1932).

² Citado por DUNCAN et alii (1967).

constatou um acréscimo de 10% nesta mesma característica quando os pendões foram removidos. Muitas reduções significativas na produção de grãos foram verificadas quando uma ou mais folhas foram removidas juntamente com o pendão (DUNCAN & WORTH, 1939; BORGERSON, 1943; KIESSELBACH, 1945). Assim foi verificado que a prática do despendoamento não acarretava prejuízos à produção desde que não fosse acompanhada de mutilações nas plantas.

Uma vez que o despendoamento bem conduzido não afetava a produção, seria interessante procurar uma maneira de tirar alguma vantagem produtiva desta prática. GROGAN (1956) praticou despendoamento em plantas cultivadas em condições de stress tais como seca, baixa fertilidade e alta densidade populacional. Para estes casos verificou aumentos na produção de 56,6%, 95,7% e 51,3% respectivamente, sendo também observado que tais aumentos foram devidos a uma menor quantidade de plantas sem espigas e espigas maiores. Sheveluka (1971)³ obteve aumentos de 20% a 25% na produção de espigas como consequência da eliminação dos pendões e Ramirez & Geron (1974)³, avaliando o efeito do despendoamento em um híbrido, obtiveram 30,67% de aumento na produção do tratamento despendado.

³ Citados por MUÑOZ et alii (1980).

Em relação aos componentes da produção, Graje da (1976)³ estudou o efeito do despendoamento em oito variedades de milho, em densidades populacionais de 40.000 a 120.000 plantas por hectare. O autor assinala que o despendoamento aumentou a produção média de grãos em 11,63%, assim como o tamanho da espiga e o número de espigas por planta. Soto (1976)³, ao praticar despendoamento em variedades de milho tropical sob três níveis de adubação nitrogenada, conseguiu efeitos significativos no comprimento da espiga, mas o rendimento não foi afetado. MUÑOZ et alii (1980) conseguiram aumentos de 6,05% no peso de espigas, 4,63% no número total de espigas colhidas e 1,99% no comprimento médio da espiga quando trabalharam com variedades baixas, sendo que nas variedades normais apenas o comprimento médio da espiga e o número de espigas por planta foi aumentado.

Quanto à eliminação das ramificações laterais do pendão, Posada (1972)³ estudou o seu efeito em uma variedade de milho e obteve aumentos da ordem de 14,5% na produção das plantas cujas ramificações foram eliminadas. Por outro lado Ramirez (1977)³ e TANAKA & YAMAGUCHI (1977) concluíram que essa prática não modificou significativamente a produção. Uma consideração a ser feita no caso é que a remoção do pendão ou de suas ramificações em uma variedade já de pendões pequenos, pode não causar efeito algum em outras ca-

³ Citados por MUÑOZ et alii (1980).

racterísticas, como exemplificado por LAMBERT & JOHNSON (1978).

Normalmente o pendão exige nutrientes antes que a espiga, pois começa a funcionar primeiro. Quando o funcionamento do pendão é interrompido, por exemplo com o despendoamento, a espiga floresce dois a três dias mais depressa (GROGAN, 1956; CHINWUBA *et alii*, 1961). Isto levou os pesquisadores a concluir que o efeito negativo do pendão na produção de grãos seria devido à competição para nutrientes disponíveis, sendo este efeito mais pronunciado em condições adversas. Resultados confirmando o que foi citado acima foram encontrados por POEY *et alii* (1977). Estes sugerem que o desenvolvimento preferencial do pendão pode ser modificado para aumentar a produção de grãos.

Também a hipótese de que o efeito negativo do pendão era devido ao sombreamento das partes superiores das plantas foi defendida por HUNTER *et alii* (1969). Estes autores verificaram que a remoção definitiva do pendão ou de suas ramificações laterais provocou um aumento na produção, o que não ocorreu para aquelas plantas despendoadas onde os pendões inativos foram recolocados em seus lugares após terem sido separados das plantas. Assim a única explicação para tais resultados seria a redução no sombreamento.

DUNCAN *et alii* (1967) trabalhando com simulação de computador, consideraram o efeito do sombreamento como um dos fatores a ser levado em conta na relação

entre pendões e produção, não descartando a hipótese da competição por nutrientes. Eles observaram que a área projetada por um pendão no transcorrer de um dia, variou em média de 90 cm^2 a 141 cm^2 . Como, segundo eles, em altas densidades populacionais, pequenas diferenças na incidência de luz podem ter um efeito pronunciado no número de plantas sem espigas, reduções da ordem de 4% a 12% na produção seriam esperadas em densidades entre 25.000 e 75.000 plantas por hectare.

Dados concordantes com os obtidos no trabalho de simulação de computador de DUNCAN *et alii* (1967) e os resultados publicados por HUNTER *et alii* (1969) foram apresentados por LAMBERT & JOHNSON (1978). Estes autores combinaram tipos de folha (normal, lg_1 e lg_2) com tratamentos do pendão (não despendoamento, despendoamento e remoção das ramificações laterais). No milho de folha normal houve um aumento significativo da produção de grãos (9,6%) apenas com a remoção total do pendão. O tipo de folha ereta (lg_1) mostrou aumentos de 4,0% na produção com a retirada das ramificações do pendão, mas nenhum aumento adicional com a remoção total. Já no tipo de folha ereta lg_2 não houve resposta aos tratamentos do pendão. Segundo os autores, considerando o efeito do sombreamento como um fator de redução na produção, já era esperada uma resposta mínima para tratamentos do pendão no tipo de folha ereta (lg_2) pois esse material era o que tinha os pendões menos ramificados (média de 1,8) entre os tipos testados.

Uma característica também associada ao pendão é a macho-esterilidade, a qual mostra uma influência similar ao despendoamento. Nas plantas macho-estéreis uma menor quantidade de nutrientes é desviada para o pendão, devido a não formação de pólen, aumentando-se assim a disponibilidade para a espiga. Híbridos macho-estéreis, em comparação com sua versão fértil, mostraram produções superiores segundo ANDERSON (1967). Inúmeros outros resultados mostrando superioridade das plantas macho-estéreis sobre as férteis foram relatados na literatura (ROGERS & EDWARDSON, 1952; CHIN WUBA *et alii*, 1961; DUVICK, 1958; JOSEPHSON & KINCER, 1962 e BRUCE *et alii*, 1966). Essa superioridade sempre mostrou-se bem mais acentuada quando as condições eram adversas ou de alta densidade de plantas.

Segundo ANDERSON (1971), mesmo depois da antese o pendão é o principal ponto de crescimento da planta. Com isso ele dirige a translocação de nutrientes para si próprio e para as folhas jovens. Sendo assim, tratamentos para reduzir a dominância do pendão nas duas semanas anteriores à antese seriam seguidos por um desenvolvimento completo e mais rápido da espiga. Estas afirmações foram baseadas no trabalho de SANFORD *et alii* (1965), os quais relataram que pendões férteis continham 20% do nitrogênio total de uma planta na antese, enquanto que os pendões estéreis continham apenas 10%. Essa diferença tornava-se nula após a antese. Também verificaram que, na semana anterior à antese, 50% do

nitrogênio acumulado por uma planta fértil foi para o pendão enquanto que na planta estéril esse desvio foi de apenas 2%.

CRISWELL et alii (1974), utilizando a técnica do carbono radioativo (^{14}C) mostraram resultados concordantes com aqueles de SANFORD et alii (1965). Em plantas macho-estéreis a translocação de carboidratos para os pendões foi inferior em relação às plantas férteis e a translocação para as espigas, nos estágios iniciais do desenvolvimento, foi superior.

Os estudos com despendoamento, macho-esterilidade e tamanho do pendão (simulado pela retirada das ramificações), levaram certos pesquisadores (ANDERSON, 1977; 1971; BUREN et alii, 1974 e MOCK & PEARCE, 1975) a considerar as características do pendão como importantes na busca de um ideotipo para a cultura do milho, sugerindo seleção para pendões menores, pelo fato destas conferirem relativa tolerância às altas densidades de plantio, em consequência, principalmente da redução do número de plantas sem espiga. BUREN et alii (1974) mostraram que o peso seco do pendão após o desprendimento do pólen correlacionava-se positivamente com o número de plantas sem espiga ($r = 0,41, 0,37$ e $0,74$, para três experimentos) e negativamente com a produção de grãos ($r = -0,41, -0,65$ e $-0,80$, para três experimentos), sob densidade de 98.800 plantas por hectare.

Para atender a sugestão de diversos autores que aconselhavam a seleção para pendões menores, alguns trabalhos foram conduzidos no sentido de investigar a base genética das características do pendão e também a relação genética entre elas e outras características da planta. Entre os primeiros dados apresentados neste sentido estão o de Daniel (1965)⁴, que estimou herdabilidade de 65%, ao nível de plantas, para a característica número de ramificações do pendão (NRP). Também detectou dominância de alto NRP sobre baixo NRP.

MOCK & SCHUETZ (1974) mostraram resultados parecidos com aqueles de Daniel (1965) e verificaram que o NRP era a melhor característica para dimensionar o pendão, além de ser de fácil avaliação, não requerendo sacrifício das partes superiores da planta e podendo ser usado na seleção para pendões menores. No cruzamento estudado a maior parte da variação encontrada foi representada pela variância aditiva, sendo estimado um coeficiente de herdabilidade, ao nível de plantas, da ordem de 53% e um mínimo de oito a nove fatores genéticos controlando o caráter. Estas informações permitiram aos autores indicar a seleção massal como um método eficiente para diminuição da característica em questão.

⁴ Citado por SCHUETZ & MOCK (1978).

A recomendação da seleção massal para tamanho do pendão também foi feita por SCHUETZ & MOCK (1978) que analisaram a genética do NRP de seis cruzamentos de milho. Os dados indicaram que, embora considerável ação gênica não aditiva estivesse envolvida em certos cruzamentos, significativos efeitos aditivos sempre estiveram presentes. As estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito variaram de 54% a 64% e no sentido amplo variaram de 93% a 98%. Baseados nesses parâmetros também estimaram que a seleção massal reduziria o tamanho do pendão de 0,8 a 7,3 ramificações por ano, nas populações geradas por dois cruzamentos estudados.

Quanto à seleção de linhagens para produção de híbridos com pendão pequeno, SCHUETZ & MOCK (1978) esclareceram que alguns fatores precisavam ser considerados, tais como: 1) determinação de qual parental seria usado como fêmea e como macho, 2) o tamanho do pendão das linhagens parentais e 3) a capacidade específica de combinação das linhagens para o tamanho do pendão. MOCK & SHUETZ (1974) já chamaram atenção para isso, pois trabalharam com um cruzamento onde os dois pais tinham um NRP baixo, mas o F_1 superou ambos. Neste caso cada uma das linhagens poderiam possuir alelos recessivos em diferentes locos e ao serem cruzadas ocorreu uma complementação. Para o híbrido ter um baixo NRP como as linhagens, estas precisariam possuir o mesmo grupo de alelos para menor NRP.

ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979 e 1980) estudaram a população ESALQ-PB 1 de milho para os caracteres do pendão, mostrando alta herdabilidade ao nível de plantas para o comprimento (50,34%), NRP (61,62%) e peso (45,76%). Esses caracteres, principalmente o NRP, mostraram-se relacionados com outros caracteres da planta tais como altura da planta e da espiga e posição relativa da espiga (Tabela 1). As correlações entre os caracteres do pendão mostraram que a melhor característica para seleção seria o NRP e as estimativas do progresso com seleção indicaram que a seleção massal seria tão eficiente quanto a seleção entre progênies de meios irmãos.

Estudo semelhante foi feito por GERALDI *et alii* (1985) que também encontraram herdabilidade alta para os caracteres do pendão (peso, comprimento e NRP) para três populações. Os coeficientes ao nível de plantas foram, em média para as três populações, 36,1%, 45,8% e 28,8% respectivamente para peso, NRP e comprimento do pendão. As estimativas das correlações genéticas aditivas indicaram que o peso do pendão e a produção de grãos são negativamente correlacionados ($r_A = -0,143$), bem como o NRP e a produção de grãos ($r_A = -0,65$). Segundo os autores, as estimativas das correlações genéticas aditivas parciais indicaram que o caráter primário negativamente correlacionado com a produção de grãos foi o NRP e que o peso do pendão apresentou correlação negativa com a produção pelo fato de ser positivamente correlacionado ao NRP ($r_A = 0,477$).

Também SMITH et alii (1982) mostraram que o NRP era herdado quantitativamente, com estimativas do coeficiente de herdabilidade de 91% e 78%, respectivamente em densidades de 42.383 plantas por hectare e 96.875 plantas por hectare. As correlações entre o NRP, tomado nas duas densidades citadas, e o número de plantas sem espigas tomado na densidade de 96.875 plantas por hectare foram idênticas e significativas (0,22). Os ganhos esperados na produção com a seleção para menor NRP foram estimados em 12,4% para a densidade populacional mais baixa e 15,5% para a densidade populacional mais alta. Uma diminuição da ordem de 10,8% e 16,3% no número de plantas sem espigas também foi previsto para as duas densidades estudadas.

SOUZA Jr. et alii (1985) mostraram estimativas similares às aquelas citadas anteriormente para o NRP, e acrescentaram informações sobre correlações genéticas parciais com produção e prolificidade. A correlação entre produção e NRP foi de -0,441, mas passou para 0,655 quando foi fixada a prolificidade (correlação parcial). Esta mudança de sinal foi esclarecida pelo fato de a correlação parcial entre produção e prolificidade ter sido de 0,959, enquanto que entre NRP e prolificidade foi de -0,767, semelhantes às correlações genéticas simples (0,941 e -0,648 respectivamente). Portanto as correlações genéticas parciais mostraram que o efeito do tamanho do pendão na produção de grãos ocorre através da prolificidade.

Para explicar a correlação positiva entre tamanho do pendão e prolificidade, SOUZA Jr. et alii (1985) basearam-se em estudos de natureza fisiológica feitos por ANDERSON (1967). Este autor verificou que híbridos prolíficos possuíam a metade da quantidade de ácido indol-acético (IAA) no pendão quando comparados com híbridos não prolíficos. Com base nisso concluiu que a prolificidade era devida à redução da dominância apical exercida pelo pendão. Para a prolifidade se expressar o balanço ácido giberélico-IAA deveria ser alterado em favor do ácido giberélico, o que ocorreria com a redução do tamanho do pendão e conseqüente diminuição na produção de IAA (produzido nos meristemas apicais). Como conseqüência, mais do que uma gema axilar teria oportunidade para se desenvolver e diferenciar-se em espiga. Efeitos similares ocorreriam com a retirada do pendão antes da antese ou uso da macho-esterilidade.

PATERNIANI (1981), também argumentou sobre a hipótese da dominância apical, mostrando evidências de que o tamanho do pendão exerceu influência sobre a posição relativa da espiga, como resultado de um processo evolutivo. Dados de estudos de diversas raças de milho indicaram que aquelas com maior NRP apresentaram uma tendência de maior altura relativa da espiga, com coeficientes de correlação variando de 0,24 a 0,85.

São escassos trabalhos de seleção para caracteres do pendão. No entanto JOHNSON & LAMBERT (1975) redu-

ziram geneticamente o NRP de uma população em 96% e estimaram que este procedimento aumentou o potencial de produção em 590 kg/ha, mostrando claramente que os programas de melhoramento esquematizados para reduzir o número de plantas sem espigas em milho semeado em altas densidades, deveriam considerar a redução do pendão como um critério primário para seleção.

PATERNIANI & GERALDI (1980) realizaram dois ciclos de seleção massal em ambos os sexos para redução do NRP na população Piranão VD-2. Foram detectadas diferenças significativas entre a população selecionada e a média das testemunhas, para o NRP e o número de fileiras de grãos. A população selecionada também apresentou uma tendência de redução da altura da planta e posição relativa da espiga, assim como uma tendência de aumento na produção de grãos, embora essas diferenças não tenham sido significativas.

Resultados interessantes foram obtidos por FAKOREDE & MOCK (1978) com respeito à resposta correlacionada do NRP com seleção para produção de grãos. Após sete ciclos de seleção recorrente recíproca em duas populações, o NRP do híbrido entre elas caiu de uma média de 20,52 para 17,70 e o peso do pendão caiu de 22,43g para 19,90g. Duas outras populações foram submetidas à seis ciclos de seleção entre famílias de meios-irmãos para produção de grãos e o NRP do híbrido entre elas caiu de 17,4 para 15,03, enquanto o peso do pendão caiu de 24,79 g para 20,4 g.

Novos estudos sobre seleção direta para caracte

teres do pendão são necessários para uma melhor comprovação, na prática, de tudo aquilo que se encontra escrito e discutido sobre o assunto. Também seriam interessantes estudos no sentido de identificar a(s) principal(is) causa(s) da correlação do tamanho do pendão com produção. No atual estágio a competição por nutrientes e os efeitos fisiológicos são as hipóteses que merecem maior crédito.

2.2. ALTURA DE ESPIGAS

O caráter altura da espiga há muito tempo vem sendo considerado praticamente por todos os melhoristas de milho em seus respectivos programas. A principal justificativa para isso é a busca de uma planta cuja arquitetura permita resistência ao acamamento e maior adaptação à colheita mecânica.

O controle genético da AE pode ser monogênico através do gene braquítico ou do gene do nanismo (HAYES et alii, 1955), mas também pode ser poligênico. Com respeito ao primeiro tipo de herança, o braquítico, embora possua muitos modificadores, tem sido utilizado no melhoramento pelo fato de reduzir a altura da planta e da espiga através da redução do comprimento e não do número de internódios. Desta maneira o número de folhas permanece o mesmo. O controle poligênico da AE pode ocorrer através do controle do comprimento dos internódios ou do número destes. GIESBRECHT et

alii (1961) verificaram que duas linhagens estudadas diferiram em seis fatores para AE, dos quais dois controlavam o nũmero de internódios e quatro o comprimento dos internódios. Dominância parcial encontrada para maior AE foi explicada pela dominância para maior comprimento de internódios, uma vez que o número de internódios não mostrou efeitos de dominân - cia. As estimativas de herdabilidade foram de 65,5%, 38,3% e 82,4% para número de internódios, comprimento de internódios e AE respectivamente.

Visando diretamente a AE, sem considerar seus componentes, muitos trabalhos foram conduzidos no sentido de se estimar parâmetros genéticos para esta característica em diversas populações. Assim REGAZZI et alii (1980) estimaram herdabilidade de 70,02% no sentido amplo e 25,10% no sentido restrito, para o Composto Dentado B. SOUZA Jr. et alii (1980a) obtiveram herdabilidade, no sentido restrito, de 85,57% na população Suwan. Para a população ESALQ-VD opaco, TOSELLO & GERALDI (1980) encontraram herdabilidade de 57,64% no sentido restrito. Diversos outros trabalhos confirmaram a alta herdabilidade da AE (HARVILLE & JOSEPHSON, 1979; QUEIROZ, 1969; MIRANDA FILHO et alii, 1974; LIMA & PATERNIANI, 1977; CRISOSTOMO, 1978 e MIRANDA FILHO, 1978). Todos os autores foram concordantes em considerar as grandes possibilidades de sucesso na seleção para AE. A grande participação do componente aditivo na variância do caráter, como foi verificado por diversos autores (Ahmad, 1968; Gardner, 1969;

Vozda, 1972; Daniel, 1973)⁵ veio confirmar essas possibilidades. PRODHAN *et alii* (1981) estimaram progressos de 7,03% à 13,33% por ciclo de seleção entre famílias de irmãos germanos e de 2,28% à 4,79% por ciclo de seleção massal.

Entre os estudos de associação da AE com outros caracteres, de especial interesse são aqueles que relacionam AE com resistência ao acamamento (MIRANDA FILHO, 1974). Relatos de Hall (1934)⁶ mostraram que a resistência ao acamamento estava associada à uma colocação mais baixa da espiga nas plantas e REMINSON & AKINLEYE (1978) encontraram correlações de 0,46 e 0,71 entre porcentagem de acamamento e AE, respectivamente para semeaduras precoces e tardias, na Nigéria. No entanto ACOSTA & CRANE (1972) verificaram que a seleção para menor AE aumentou a resistência ao acamamento em uma população mas diminuiu em outra. Estes resultados e outros similares levaram à suposição de que tal correlação seria propriedade intrapopulacional.

Também de propriedade intrapopulacional é a correlação entre AE e produção (MIRANDA FILHO, 1974), pois encontram-se materiais onde a correlação é alta e outros onde esta correlação é menos expressiva ou inexistente. Esta correlação parece variável de acordo com a estrutura genética do material (LIMA & PATERNIANI, 1977). Estes autores

⁵ Citados por HARVILLE & JOSEPHSON (1979).

⁶ Citado por REMINSON & AKINLEYE (1978).

não encontraram correlação genética nem fenotípica entre produção e AE, evidenciando a possibilidade de se obter uma redução em AE sem prejudicar a produtividade. Neste caso o inverso também seria possível, ou seja, aumentar a produtividade sem causar elevação em AE. Para QUEIROZ (1969) isto seria possível devido à baixa correlação aditiva (-0,14) entre produção e AE, encontrada no seu material. No entanto a correlação fenotípica foi alta quando se considerou o indivíduo dentro de progênies como unidade de seleção. Resultados semelhantes foram obtidos por CRISOSTOMO (1978) e SOUZA Jr. *et alii* (1980b). No entanto REGAZZI *et alii* (1980) encontraram correlação positiva entre AE e produção de grãos (0,788) e entre AE e produção de espigas (0,857). SUBANDI & COMPTON (1974) verificaram que a correlação entre AE e produção era positiva apenas em densidades menores, desaparecendo quando se aumentava a população de plantas. A manutenção da correlação com a modificação da densidade de semeadura ocorreu apenas entre AE e dias para o florescimento e AE e altura de plantas. Salienta-se também que a seleção para plantas com espigas de inserção mais baixa é suficiente para reduzir o porte da planta pois as duas características estão intimamente relacionadas, com coeficientes de correlação entre 0,6 e 0,8 (REGAZZI *et alii*, 1980 e SUBANDI & COMPTON, 1974).

Inúmeros trabalhos de seleção já foram conduzidos no sentido de se aumentar ou diminuir a AE em diversos germoplasmas. Smith (1909)⁷ relatou que após 5 gerações de se-

⁷ Citados por VERA & CRANE (1970).

leção massal divergente para AE, a altura média da espiga na subpopulação de espiga alta foi de 184 cm contra 84 cm na população de espiga baixa. Testes comparativos para produção não indicaram grandes diferenças entre as duas subpopulações. Kiesselbach (1922)⁷ conduziu trabalho semelhante em duas subpopulações, sendo que ambas diminuíram a produção de grãos, porém em proporções diferentes. A subpopulação de espiga baixa foi 3,0% menos produtiva que a original e 3,9% mais produtiva que a subpopulação de espiga alta. Esta última produziu 6,64% menos que a original.

HORNER *et alii* (1963) notaram um aumento da AE após 2 ciclos de seleção recorrente para capacidade geral e específica de combinação na produção. Seleção massal para diminuir AE foi praticada no 3º ciclo e uma redução de 16,4 kg/ha foi verificada na produção para cada cm de redução na AE. Gardner (1969)⁵, estudando uma população irradiada e o controle não irradiado, notou um aumento de 23,5% na AE para ambas as populações após 10 gerações de seleção massal para produção. FAKOREDE & MOCK (1978) não detectaram nenhuma diferença significativa em AE após 7 ciclos de seleção recorrente recíproca em uma população e 6 ciclos numa outra. No entanto a posição relativa da espiga diminuiu consideravelmente.

⁷ Citados por VERA & CRANE (1970).

Mesmo uma seleção não muito intensa pode ser suficiente para reduzir AE em determinadas populações. VERA & CRANE (1970) praticaram dois ciclos de seleção, com intensidade de 50%, em duas populações e ACOSTA & CRANE (1972) praticaram mais dois ciclos de seleção nestas mesmas populações, porém com intensidade de 20%. Em média para as duas populações a AE baixou em 24%, considerados os quatro ciclos de seleção. Os dois primeiros ciclos foram responsáveis por 10% de redução enquanto que os dois ciclos adicionais responderam pelos 14% restantes. Quanto à porcentagem de acamamento houve uma redução significativa de 8,2% (com os 4 ciclos de seleção) em uma das populações, mas na outra a resposta foi bastante desordenada. A produção diminuiu 30,5% em uma população e 19,8% na outra, sendo que a maior parte dessa redução ocorreu nos dois últimos ciclos de seleção. Analisando apenas os dois primeiros ciclos, VERA & CRANE (1970) não haviam conseguido detectar diferenças significativas na produção e porcentagem de acamamento.

Redução em AE sem modificação significativa na altura das plantas, aumentando a razão AP/AE e diminuindo a razão AE/AP foi conseguida por JOSEPHSON & KINCER (1977). Estes autores praticaram 10 gerações de seleção, para baixar a posição da espiga na planta, em um sintético precoce e outro tardio. A AE foi reduzida de 67 cm para 41 cm (4,3% por ciclo) no sintético precoce e de 69 cm para 51 cm (2,9% por ciclo) no tardio. A altura das plantas praticamente não se

modificou em ambos os sintéticos. A razão AP/AE aumentou de 2,7 para 4,2 no precoce e de 2,7 para 3,7 no tardio e a razão AE/AP diminuiu, respectivamente, de 0,37 para 0,24 e de 0,37 para 0,27. A redução na AE foi devida ao encurtamento dos internódios abaixo da espiga e à mudança na colocação da espiga para um internódio mais baixo. O comprimento médio dos internódios abaixo da espiga foi reduzido de 10,1 cm para 7,3 cm no sintético precoce e de 9,0 cm para 7,7 cm no tardio. Em ambos os sintéticos houve diminuição de uma folha abaixo da espiga e aumento de uma folha acima da espiga, de maneira que o número total de folhas permaneceu o mesmo. Quanto à produção de grãos, um decréscimo gradual e significativo foi observado ao longo dos sucessivos ciclos de seleção, em ambos os sintéticos.

HARVILLE et alii (1978) confirmaram os resultados obtidos por JOSEPHSON & KINCER (1977) quando analisaram um dialélico entre os diversos ciclos de seleção dos materiais precoce e tardio. Estimativas da capacidade geral de combinação sugeriram que a herança de AE foi controlada primariamente por efeitos aditivos. Nos últimos ciclos de seleção a capacidade geral de combinação aumentou muito pouco, indicando que a seleção para menor AE foi tornando-se menos eficiente e que a característica teve a tendência de se estabilizar.

Seleção recorrente entre famílias de irmãos germanos, para redução da altura de plantas e espigas, foi

realizada por MUCHENA et alii (1979) durante 12 ciclos na população Tuxpeño e 8 ciclos na população Mezcla Amarilla. No Tuxpeño foram diminuídos três internódios abaixo da espiga até o oitavo ciclo, sendo dois entre os ciclos 0 e 4 e outro entre os ciclos 4 e 8. Também um internódio acima da espiga foi diminuído entre os ciclos 4 e 8. Após o ciclo 8 as reduções ocorreram apenas no comprimento dos internódios. Na população Mezcla Amarilla, apenas um internódio foi diminuído abaixo da espiga entre os ciclos 1 e 8. Nesta população o encurtamento dos internódios foi o principal fator de redução na altura de plantas e espigas.

Nos programas de melhoramento, além da seleção usual para diminuição da AE, muitos pesquisadores têm usado germoplasmas que estejam mais próximos da condição desejada. Este expediente foi utilizado por MIRANDA FILHO (1974) para sintetizar a população ESALQ-PB 1. GHINI & MIRANDA FILHO (1979) mostraram a existência de ampla variabilidade genética aditiva para o caráter AE nesta população. Essa variabilidade não mostrou-se tão alta quanto a variabilidade para pendão, uma vez que a população já havia sido selecionada para altura. Todavia os valores do coeficiente de herdabilidade encontrados foram 56,28% e 68,44% respectivamente ao nível de plantas e médias de famílias de meios-irmãos, e os valores do progresso esperado foram 5,59% e 5,92%, respectivamente para seleção massal e seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos. ANDRADE & MIRANDA FILHO (1980), estudando a mesma população, encontraram correlações positivas entre AE e NRP (0,44), AE e peso do pendão

(0,39) e AE e posição relativa da espiga (0,71). Desta maneira verificou-se amplas possibilidades de sucesso na seleção para AE na população em questão, além da possibilidade de respostas correlacionadas em outras características.

2.3. SELEÇÃO DIVERGENTE

Sem dúvida o processo seletivo no milho esteve intimamente ligado à sua domesticação, adaptação e à variabilidade genética existente. O sistema inicialmente utilizado, muitas vezes inconscientemente pelos domesticadores do milho, foi a seleção massal. Mais recentemente, no final do século passado e início deste, diversos agricultores não lograram êxito satisfatório em aumentar o rendimento das variedades crioulas de milho. Porém a longo prazo ela teve seu valor e foi considerada por SPRAGUE (1965) como sendo responsável pelo aumento da produtividade média das variedades adaptadas. O fato da seleção massal não mostrar eficiência para produção fez com que os melhoristas do início do século voltassem-se para outros métodos, principalmente do milho híbrido. Somente bem mais tarde os estudos de COMSTOCK & ROBINSON (1948) mostraram que havia variabilidade genética suficiente nas populações, de modo a permitir progressos com seleção. Isso aumentou o interesse na real avaliação da eficiência da seleção massal, cabendo à GARDNER (1961) desenvolver uma metodologia apropriada e apresentar evidências da eficiência do mé

todo, desde que fosse bem aplicado. A maior inovação feita por este autor foi a divisão do campo em estratos de maneira que a seleção seria feita dentro de cada estrato, evitando comparações entre plantas localizadas em faixas de fertilidade variável.

Após a grande euforia do milho híbrido, outros métodos foram surgindo e hoje são disponíveis esquemas de seleção, dos quais aqueles que aplicam os princípios da seleção recorrente (HULL, 1945) são os mais utilizados. A seleção foi e continua sendo praticada para as mais diversas características, no sentido de combinar em determinadas variedades e/ou cultivares de milho, aquelas de maior interesse geral ou específico.

A importância do processo seletivo é tanto prática como teórica. Do ponto de vista prático, os processos de seleção levam à obtenção de variedades melhoradas que podem ser utilizadas diretamente pelos agricultores ou para extração de linhagens e obtenção de híbridos. Do ponto de vista teórico, esses trabalhos de seleção permitem um melhor conhecimento da estrutura genética das populações para as mais diferentes características (ZINSLEY, 1969). FALCONER (1960) também salienta a importância da seleção, principalmente aquela a longo prazo, a fim de se conhecer melhor a natureza do caráter de interesse frente a um processo controlado de seleção e multiplicação, que é essencialmente o processo de melhoramento genético.

Para fins de estudos dos efeitos da seleção, a seleção divergente (para aumentar e diminuir o caráter) oferece maior quantidade de informações sobre o caráter. A resposta medida da divergência de duas linhas é duas vezes maior do que aquelas das linhas separadamente, e a variação entre gerações é reduzida para a extensão daquelas mudanças ambientais que afetam ambas as linhas (FALCONER, 1960b). No entanto, um controle não selecionado é preferível se, para fins práticos, houver interesse apenas na mudança em uma direção, porque a resposta não será igual nas duas direções. Segundo FALCONER (1960a) algumas possíveis causas dessa assimetria da resposta são: 1) Diferencial de seleção diferente entre as linhas positiva e negativa; 2) Assimetria genética devido à presença, em maior quantidade, de genes dominantes para uma determinada direção (dominância direcional) ou à maior frequência de gens para uma determinada direção (frequência gênica direcional); 3) Seleção a favor de heterozigotos em uma das direções; 4) Depressão por endogamia, reduzindo a resposta no sentido positivo e aumentando no sentido negativo, se o caráter selecionado estiver sujeito à depressão; 5) Efeitos maternos.

Um dos melhores exemplos de seleção divergente e a longo prazo é a seleção para alto e baixo teores de óleo e proteína, conduzida por mais de setenta gerações em Illinois. Este trabalho foi iniciado por Hopkins em 1896, que aplicou a seleção espiga por fileira, para as referidas

características, na população Burr's White. O processo seletivo continuou até o presente, sendo que diversas modificações foram feitas na metodologia, como descrito por DUDLEY et alii (1974). Resultados de seleção reversa demonstraram a existência de variabilidade genética após 49 gerações de seleção, nas quatro sub-populações (LENG, 1962).

Segundo DUDLEY & LAMBERT (1969), após 65 gerações de seleção para óleo e proteína na população Burr's White, a variabilidade genética, nas quatro sub-populações, ainda era suficiente para se obter ganhos adicionais com seleção. DUDLEY (1977) analisou 11 gerações a mais, totalizando 76 ciclos, e verificou progressos de 274% e 92% da mêdia original, respectivamente nas linhas de seleção para alto teor de óleo e baixo teor de óleo. Da mesma maneira, nas linhas de seleção para alto e baixo conteúdo de proteína, os ganhos foram de 133% e 78% da mêdia original, respectivamente. Mesmo após 76 gerações, progressos futuros foram previstos devido à grande quantidade de variação genética presente nas subpopulações.

Para determinados caracteres, principalmente aqueles governados por um grande número de genes, o esgotamento da variabilidade é bastante vagaroso, permitindo progressos por longos períodos de seleção. A conservação de uma variabilidade satisfatória para se praticar seleção, também depende de uma boa recombinação do material após cada ciclo de seleção, para que haja exposição da variabilidade exis-

tente. MILLER *et alii* (1981) submeteram a população "Reid Yellow Dent" a uma alta intensidade de seleção, durante sete gerações, para aumentar a porcentagem de óleo do grão e notaram que apesar do grande progresso conseguido (0,67% de óleo por ciclo) a variância genética aditiva da população não sofreu modificação significativa nos primeiros ciclos de seleção. Isto veio confirmar plenamente os resultados e as ponderações de DUDLEY (1977).

O fato de a seleção divergente propiciar estudos da estrutura genética da população fez com que esta prática fosse utilizada para diversas características. Assim PENNY *et alii* (1962) em um estudo destinado a obter informação sobre a importância dos possíveis tipos de ação gênica envolvidos na heterose do rendimento em milho, realizaram seleção para alta e baixa capacidade de combinação em duas populações. Houve aumentos significativos na capacidade geral de combinação em ambas as populações, enquanto que a seleção negativa foi eficiente em apenas uma delas. Rivera (1970)⁸ comparou seis ciclos de seleção massal divergente para altura de espigas em duas populações. Em uma delas os progressos foram de 4,97% e -8,14% por ciclo, enquanto que na outra os progressos foram de 7,97% e -7,60% por ciclo. Também Thompson (1970)⁸ comparou sete ciclos de seleção para resistência ao acamamento e seis para suscetibilidade ao aca

⁸ Citado por TORREGROZA, 1974.

mamento em duas populações. Os dados indicaram que este tipo de seleção foi efetivo em ambas as direções, mas diminuiu a produção em 10% na seleção positiva e 7% na seleção negativa.

Para avaliar a seleção massal como método de melhoramento TORREGROZA (1974) comparou oito ciclos de seleção massal divergente para prolificidade numa variedade sintética de milho. Conseguiu aumento de 39% no número de espigas por planta acompanhado de aumento de 35% na produção. Na linha negativa de seleção a prolificidade caiu em 10% e a produção não foi alterada.

Objetivando determinar a resposta direta e respostas correlacionadas à seleção, CORTEZ-MENDOZA & HALLAUER (1979) realizaram dez ciclos de seleção massal divergente para comprimento da espiga na população "Iowa Long Ear Synthetic". A seleção mostrou-se bastante eficiente, sendo que o comprimento da espiga foi aumentado 0,32 cm por geração na seleção positiva e diminuído 0,64 cm por geração na seleção negativa. Essa assimetria na resposta divergente foi considerada como sendo devida à frequências gênicas desiguais e dominância direcional. Na linha de seleção para espigas mais longas não houve modificação na produção pois o aumento do número de grãos resultantes do aumento no comprimento das espigas foi cancelado por uma redução na profundidade dos grãos e conseqüentemente no diâmetro da espiga. A seleção para encurtamento das espigas provocou redução significativa na pro

dução (-4,73 g/planta) embora não tenha alterado os outros caracteres estudados. Dentro deste estudo também foram avaliados os cruzamentos entre as linhas divergentes dentro de cada ciclo, sendo que o comprimento da espiga para esses cruzamentos não se modificou significativamente, permanecendo ao redor da média original para todos os ciclos. Já a produção de grãos dos cruzamentos diminuiu significativamente ao longo dos ciclos.

A atividade da enzima nitrato redutase em milho é um caráter pouco estudado, principalmente do ponto de vista seletivo. Porém DUNAND *et alii* (1977) aplicaram dois ciclos de seleção divergente para a atividade da nitrato redutase em um sintético de milho. Conseguiram aumentar essa atividade em 19,0% na seleção positiva e diminuir em 16,3% na seleção negativa. Na linha de alta atividade não houve modificações na produção de grãos, conteúdo de proteínas e matéria seca total, enquanto que na linha de baixa atividade esses caracteres foram todos diminuídos significativamente.

Outro caráter não muito estudado no milho, em termos de seleção, é a taxa fotossintética, embora seja de grande interesse pelo fato de poder influenciar outros caracteres de importância agrônômica. CROSBIE *et alii* (1981) selecionaram para este caráter, em duas populações, através da taxa de troca de CO_2 . Relataram que após cinco ciclos de seleção recorrente fenotípica para alta taxa de troca de CO_2 os progressos conseguidos foram da ordem de 1,6% e 1,3%

por ciclo, respectivamente para os estágios vegetativo e de enchimento de grãos. Três ciclos de seleção no sentido contrário diminuiu a taxa de troca de CO_2 em 0,7% por ciclo no estágio vegetativo, enquanto que no estágio de enchimento de grãos o caráter não foi alterado significativamente. Estudando os efeitos desta mesma seleção sobre outros caracteres da planta, CROSBIE & PEARCE (1982) concluíram que nenhuma mudança ocorreu, mas os efeitos sobre a produção de grãos deveriam ser melhor estudados.

Um outro trabalho bastante interessante de aplicação da seleção divergente foi realizado por HARTUNG (1984). Partindo de uma população original, este autor realizou três ciclos de seleção para aumentar e diminuir o período de enchimento de grãos e também para aumentar e diminuir a taxa de acumulação de matéria seca. Nas linhas divergentes para período de enchimento de grãos, os progressos obtidos foram de 4,1% e -3,1%, enquanto que nas linhas divergentes para taxa de acumulação de matéria seca os progressos foram de 4,8% e -8,0%.

Como já foi considerado por FALCONER (1960b), em um processo seletivo as médias das gerações de seleção não progridem de maneira simples e regular, mas flutuam erraticamente. Como consequência desta variação, a melhor medida para se avaliar a resposta média por geração é obtida por meio da inclinação da linha de regressão, ajustada às médias das gerações. A medida da resposta pode ainda ser melhora-

da em precisão se o controle for uma população selecionada em direção oposta. A prática da seleção divergente vem sendo uma constante, principalmente para se estudar aqueles caracteres cujas referências de seleção são escassas ou inexistentes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

O germoplasma básico para o presente estudo foi a população ESALQ-PB 1, a qual foi sintetizada a partir de sete variedades de porte baixo, no Instituto de Genética (ESALQ/USP), com vistas à formação de uma população base para a obtenção de cultivares (variedades ou híbridos) de porte reduzido (MIRANDA FILHO, 1974). Tal população sofreu seleção branda na fase de recombinação durante várias gerações, além de um ciclo de seleção massal estratificada e um ciclo de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos para produção de grãos.

O processo de seleção divergente para NRP e AE iniciou-se tendo como base as médias de 147 famílias de meios-irmãos extraídas da referida população e avaliadas em três lâteses 7x7, com 4 repetições, conduzidos no ano agrícola 1979/80 em Piracicaba-SP. Utilizando dados dos referidos ensaios, GHINI & MIRANDA FILHO (1979) e ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979) fizeram a estimação dos parâmetros genéticos

para os caracteres da planta e do pendão, respectivamente. O processo de seleção aplicado neste estudo, levou em conta as estimativas dos parâmetros genéticos, principalmente na escolha do método de seleção a ser aplicado.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Seleção divergente

Tendo a mesma eficiência que a seleção entre famílias de meios irmãos, a seleção massal foi escolhida para os ciclos posteriores ao primeiro por ser um método de aplicação mais simples. No primeiro ciclo praticou-se seleção entre famílias de meios irmãos pelo fato das médias das 147 famílias, acima referidas, estarem disponíveis. Cada uma das médias utilizadas para seleção resultou da observação de 20 plantas de cada progênie. Essas 20 plantas foram tomadas ao acaso, sendo consideradas cinco plantas competitivas de cada repetição da progênie. De cada látice foram selecionadas 10 famílias para cada linha de seleção. Desta maneira, das 147 famílias iniciais, foram tomadas 30 para a subpopulação de maior NRP, 30 para a subpopulação de menor NRP, 30 para a subpopulação de maior AE e 30 para a subpopulação de menor AE. Configurou-se portanto uma intensidade de seleção da ordem de 20,4%.

Cada uma das quatro subpopulações do primei-

ro ciclo de seleção foi obtida pela recombinação em lote iso lado das famílias selecionadas, utilizando-se sementes remanescentes. Nestes lotes, semeados no inverno/80, as 30 famílias selecionadas foram semeadas em linhas de 9 m de comprimento, intercaladas a cada duas por uma linha polinizadora constituída da mistura de quantidades iguais de sementes das famílias selecionadas. As linhas femininas (famílias se lecionadas) foram despendoadas na época do florescimento, ex ceto no lote da subpopulação de menor AE onde houve problemas no momento da semeadura e as linhas polinizadoras ficaram confundidas com as famílias selecionadas. Uma seleção branda foi praticada nas linhas polinizadoras do lote de recombinação das famílias de menor NRP, através da elimina ção de pendões muito ramificados que apareceram nestas li nhas. Por ocasião da colheita todas as espigas das lin has femininas (despendoadas) foram colhidas juntas para cada lo te e amostradas. Na subpopulação de menor NRP foram tomadas 10 sementes de cada espiga e nas subpopulações de maior NRP e maior AE foram tomados 50 cm^3 de sementes de cada espiga. No lote de recombinação das famílias de menor AE, onde não houve despendoamento das linhas femininas, todas as espigas foram colhidas e a amostragem também foi feita volumetricamente.

No ano agrícola 1981/82 foi realizado o segundo ciclo de seleção. As quatro subpopulações do primeiro ci clo foram semeadas em lotes de aproximadamente 400 m^2 , con-

tendo cerca de 2000 plantas cada um. Nos lotes de maior NRP e menor NRP a seleção foi feita com auxílio de polinização manual, funcionando como seleção antes do florescimento. Foram escolhidas aproximadamente 200 plantas, de acordo com a linha de seleção, as quais foram polinizadas entre si (planta a planta), caracterizando-se a seleção para ambos os sexos, com intensidade em torno de 10%. As plantas de maior e menor NRP foram identificadas visualmente em seus respectivos lotes. Os lotes de maior AE e menor AE sofreram seleção após florescimento, com a mesma intensidade, porém apenas para um sexo, uma vez que a polinização não foi controlada. Aqui também ocorreu o isolamento apenas parcial dos lotes, pois estes tiveram seu florescimento coincidindo parcialmente com os demais lotes da mesma população. A separação das plantas com espigas altas e baixas também foi feita visualmente. Das espigas das plantas selecionadas em cada lote, foram retiradas 40 sementes cada uma, constituindo assim as subpopulações do 2º ciclo de seleção.

O 3º ciclo de seleção somente foi realizado no ano agrícola 1983/84, quando foram semeadas as subpopulações do 2º ciclo. Os procedimentos adotados foram os mesmos utilizados para o 2º ciclo, exceto nas subpopulações de maior e menor AE, onde a seleção também foi para ambos os sexos.

3.2.2. Ensaios de avaliação

Visando a instalação dos ensaios de avaliação, as 12 subpopulações dos três ciclos de seleção divergente e a subpopulação original foram multiplicadas por "sib-cross", no inverno/84, ao mesmo tempo em que foram realizados os seis cruzamentos entre as linhas divergentes em cada ciclo de seleção. Os cruzamentos foram feitos objetivando verificar possíveis efeitos de dominância dos genes concentrados em uma linha de seleção naqueles da outra linha, além de aumentar o número de equações para estimação dos parâmetros do modelo estatístico (item 3.2.3).

Os 19 materiais assim obtidos, mais uma testemunha comercial, totalizaram as seguintes entradas para os ensaios de avaliação, onde R^+ , R^- , E^+ e E^- representam as subpopulações e I, II e III os ciclos de seleção.

01	ESALQ-PB 1 original	11	E^+ (I)
02	R^+ (I)	12	E^+ (II)
03	R^+ (II)	13	E^+ (III)
04	R^+ (III)	14	E^- (I)
05	R^- (I)	15	E^- (II)
06	R^- (II)	16	E^- (III)
07	R^- (III)	17	$E^+ \times E^-$ (I)
08	$R^+ \times R^-$ (I)	18	$E^+ \times E^-$ (II)
09	$R^+ \times R^-$ (II)	19	$E^+ \times E^-$ (III)
10	$R^+ \times R^-$ (III)	20	Testemunha (Cargill 511)

Três ensaios de avaliação foram montados segundo o delineamento em blocos casualizados, com 20 repeti-

ções, no ano agrícola 1984/85. Um dos ensaios foi conduzido em Birigui-SP, num Latossolo Vermelho Escuro enquanto os outros dois foram conduzidos em um Latossolo Roxo e um Regossolo, em Piracicaba-SP. A parcela experimental constituiu-se de uma linha de 10 m, contendo 5 plantas por metro, com espaçamento de 1 m entre linhas.

Foram avaliadas as seguintes características:

- AP - altura da planta (m): medida do solo até a inserção da última folha, em amostra de dez plantas;
- AE - altura da espiga (m): medida do solo até a inserção da primeira espiga (superior), em amostra de dez plantas;
- NRP - número de ramificações do pendão, em amostras de dez plantas;
- PRE - posição relativa da espiga (AE/AP);
- PRO - prolificidade: número de espigas/stand final;
- PE - peso total de espigas despalhadas da parcela (kg);
- PG - peso total de grãos da parcela (kg).

Nos ensaios de Piracicaba-SP, foram consideradas as características AP, AE, PRE, NRP, PRO, PE e PG. No ensaio conduzido em Birigui-SP, as características consideradas foram AP, AE, PRE e PG.

3.2.3. Análise estatística

Os dados obtidos para as características AP,

AE, PRE, NRP e PRO foram inicialmente submetidos a uma análise de variância conjunta adaptada do esquema apresentado por GOMES (1978), fazendo-se desdobramento dos quadrados médios de tratamentos e da interação de tratamentos com locais (Tabela 4). As características PE e PG foram ajustadas para stand uniforme pela análise de covariância (GOMES, 1978) para cada ensaio (Tabela 2). Após o ajuste dos totais de tratamentos, pela análise de covariância para cada ensaio, também procedeu-se à análise de variância conjunta, envolvendo os diversos ensaios (Tabela 3).

Objetivando uma melhor visualização dos efeitos diretos ou correlacionados dos diversos ciclos de seleção, as médias gerais dos tratamentos, envolvendo 60 repetições para AP, AE, PRE e PG ou as 40 repetições para NRP, PRO e PE, foram submetidas a uma análise de regressão linear pelo método dos quadrados mínimos, segundo os modelos:

$$\bar{Y}_0 = m + \delta_0, \text{ para a população original,}$$

$$\bar{Y}_{1i} = m + b_1 X_i + \delta_{1i}, \text{ para a linha de seleção } R^+,$$

$$\bar{Y}_{2i} = m + b_2 X_i + \delta_{2i}, \text{ para a linha de seleção } R^-,$$

$$\bar{Y}_{3i} = m + b_3 X_i + \delta_{3i}, \text{ para a linha de seleção } E^+,$$

$$\bar{Y}_{4i} = m + b_4 X_i + \delta_{4i}, \text{ para a linha de seleção } E^-,$$

$$\bar{Y}_{12i} = m + 1/2(b_1 + b_2)X_i + \delta_{12i}, \text{ para o cruzamento } R^+ \times R^-,$$

$$\bar{Y}_{34i} = m + 1/2(b_3 + b_4)X_i + \delta_{34i}, \text{ para o cruzamento } E^+ \times E^-,$$

onde:

$\bar{Y}_0$ é a média observada da população original;

$\bar{Y}_{1i}$, $\bar{Y}_{2i}$, $\bar{Y}_{3i}$, $\bar{Y}_{4i}$, $\bar{Y}_{12i}$ e $\bar{Y}_{34i}$ são as médias observadas no i -ésimo ciclo, respectivamente das subpopulações R^+ , R^- , E^+ , E^- e dos cruzamentos $R^+ \times R^-$ e $E^+ \times E^-$;

m é a média geral da característica, comum para todos os modelos; b_1 , b_2 , b_3 e b_4 são, respectivamente, os efeitos médios, por ciclos (coeficientes de regressão linear) das seleções R^+ , R^- , E^+ e E^- ; X_i é o i -ésimo ciclo de seleção; e

δ_0 , δ_{1i} , δ_{2i} , δ_{3i} , δ_{4i} , δ_{12i} e δ_{34i} são, respectivamente, os desvios dos modelos para a população original, para as subpopulações R^+ , R^- , E^+ , E^- , e os cruzamentos $R^+ \times R^-$ e $E^+ \times E^-$.

Ressalte-se que os desvios dos modelos compreendem também os erros experimentais ($\bar{e}_0$, $\bar{e}_{1i}$, $\bar{e}_{2i}$, $\bar{e}_{3i}$, $\bar{e}_{4i}$, $\bar{e}_{12i}$, $\bar{e}_{34i}$) e ambos são minimizados quando da aplicação dos modelos propostos.

Os testes de significância, para cada um dos parâmetros estimadores dos efeitos de seleção, foram feitos através dos quadrados médios dos parâmetros do modelo reduzido, ou seja, aquele modelo obtido pela retirada do parâmetro em questão do modelo matemático.

Na análise da variância foram feitos testes de hipóteses (teste F) sobre a nulidade dos parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 . Também foram feitos testes complementares para testar a simetria da resposta à seleção. Para este fim, na matriz X foram somados os coeficientes das colunas b_1 e b_2 ou de b_3 e b_4 , quando são testadas as hipóteses $b_1 = b_2 = |b|$ e $b_3 = b_4 = |b'|$, respectivamente.

O procedimento para cálculo das somas de quadrados, referentes a cada hipótese, foi o de redução do modelo completo, como segue:

Somas de quadrados	Hipóteses
$R(b_1) = R(m, b_1, b_2, b_3, b_4) - R(m, b_2, b_3, b_4)$	$b_1 = 0$
$R(b_2) = R(m, b_1, b_2, b_3, b_4) - R(m, b_1, b_3, b_4)$	$b_2 = 0$
$R(b_3) = R(m, b_1, b_2, b_3, b_4) - R(m, b_1, b_2, b_4)$	$b_3 = 0$
$R(b_4) = R(m, b_1, b_2, b_3, b_4) - R(m, b_1, b_2, b_3)$	$b_4 = 0$
$R(b) = R(m, b_1, b_2, b_3, b_4) - R(m, b, b_3, b_4)$	$b_1 = -b_2 = b $
$R(b') = R(m, b_1, b_2, b_3, b_4) - R(m, b_1, b_2, b')$	$b_3 = -b_4 = b' $
$R(\text{desvios}) = \sum \bar{Y}_i^2 - R(m, b_1, b_2, b_3, b_4)$	

4. RESULTADOS

As médias observadas e estimadas pela regressão, para as diversas características estudadas, nos três locais de avaliação, estão nas Tabelas 5 a 11 respectivamente, para altura da planta (AP), altura da espiga (AE), posição relativa da espiga (PRE), número de ramificações do pendão (NRP), prolificidade (PRO), peso de espigas (PE) e peso de grãos (PG). Estas mesmas médias podem ser observadas, graficamente, nas Figuras 1 a 25. Com referência às médias observadas para cada característica, em cada subpopulação e dentro de cada linha de seleção, verifica-se um comportamento não uniformemente progressivo ao longo dos três ciclos de seleção. A característica que mostrou comportamento mais uniforme, mas ainda variável, foi NRP.

Os maiores desvios das médias observadas, em relação às estimadas, foram verificadas no primeiro ciclo das respostas correlacionadas à seleção. Neste ciclo, AP mostrou resposta correlacionada negativa para as linhas de seleção E^+ e E^- em Água Santa - Piracicaba (Figura 1) e para a linha E^+ em Caterpillar - Piracicaba (Figura 2), Birigui (Fi

gura 3) e para as médias conjuntas dos três locais (Figura 4). A mesma tendência foi mostrada na resposta correlacionada de AE na linha R^- em Água Santa - Piracicaba (Figura 5) e de PRE na linha E^+ em Birigui (Figura 11). Quando considerou-se as médias conjuntas, a PRE praticamente não se modificou (Figura 12). Esse tipo de resposta inversa aos demais ciclos, ocorrida no primeiro ciclo, também foi observada para PRO, na linha R^+ , em todos os locais (Figuras 16, 17 e 18) e para a linha E^- em Caterpillar - Piracicaba (Figura 17).

Da mesma maneira que as demais, as características representativas da produção (PE e PG) mostraram-se bastante errantes no primeiro ciclo das linhas de seleção consideradas, principalmente em Caterpillar - Piracicaba (Figuras 20 e 23), o que veio refletir nas médias conjuntas (Figuras 21 e 25).

Essas mesmas respostas correlacionadas consideradas acima, embora não totalmente uniformes, foram um pouco mais definidas em uma determinada direção para os demais ciclos, exceto para algumas características, como por exemplo PG na linha R^- em Birigui (Figura 24).

As médias observadas dos cruzamentos entre as linhas divergentes de seleção não se mostraram intermediárias aos pais para diversas características, inclusive aquelas selecionadas. Assim a média de AE no cruzamento $E^+ \times E^-$ foi menor que o pai inferior, no primeiro ciclo, em Água Santa - Piracicaba (Figura 5). Neste mesmo cruzamento e local,

mas nos ciclos II e III, a PRO também variou bastante (Figura 16), transmitindo essa variação para as médias conjuntas (Figura 18). Em Caterpillar - Piracicaba e nas médias conjuntas, a PRO foi maior que o pai superior no cruzamento $R^+ \times R^-$ (Figuras 17 e 18). O cruzamento $R^+ \times R^-$ também mostrou-se maior que o pai superior para as características PE e PG, no ciclo I, em Água Santa - Piracicaba (Figuras 19 e 22), enquanto que em Caterpillar - Piracicaba a variação foi grande ao longo dos três ciclos (Figuras 20 e 23). Nas médias conjuntas as características mostraram-se maior que o pai superior apenas no ciclo I.

Quanto ao progresso por seleção, o NRP não foi tão discrepante como as respostas correlacionadas, mantendo o direcionamento em todos os ciclos, para todas as linhas e em todos os locais, embora com taxas diferentes. A AE praticamente não mostrou progresso, para ambas as linhas de seleção, no ciclo I em Água Santa - Piracicaba (Figura 5) e na linha E^+ em Caterpillar - Piracicaba (Figura 6) e Birigui (Figura 7), tendo isso refletido nas médias conjuntas (Figura 8). No entanto, a partir do ciclo II o progresso foi visível em ambas as linhas.

As médias estimadas, acima referidas, foram obtidas a partir das estimativas dos parâmetros do modelo adotado (m , b_1 , b_2 , b_3 e b_4), que estão colocados na Tabela 13. Estas estimativas, obtidas pelo método dos quadrados mínimos, são apresentadas para cada característica, em cada local e também conjuntamente para os diversos locais.

Na Tabela 12 estão colocadas as análises de variância conjuntas para as sete características estudadas. Observando-se essas análises nota-se que os coeficientes de variação mostraram valores de médio para baixo, ou seja, 5,53% para AP, 8,16% para AE, 5,25% para PRE, 10,06% para NRP, 12,80% para PRO, 15,50% para PE e 16,40% para PG. Também pode ser verificado que todas as características mostraram quadrados médios significativos tanto para tratamentos quanto para locais. Mesmo com o desdobramento dos quadrados médios de tratamentos nota-se que as subpopulações mostraram diferenças significativas entre si para todas as características. Já as diferenças entre subpopulações e testemunha (Subp. vs Test.) não foram significativas apenas para PRO. Quanto à interação de tratamentos por locais, houve significância para as características AP e PG. Fazendo-se o desdobramento dos quadrados médios dessas interações, nota-se que as subpopulações não apresentaram interação significativa com locais para AP, enquanto que houve significância para o contraste Subp. vs. Test. por local. Para a característica PG tanto as subpopulações quanto a testemunha mostraram interação com locais. Para PRE apenas o contraste entre subpopulações e testemunha mostrou interação altamente significativa com locais, enquanto que para PE isso ocorreu apenas para as subpopulações.

Os valores dos quadrados médios ao nível de médias e sua significância para os desvios do modelo, efei-

tos de cada parâmetro do modelo e para o teste de simetria entre os respectivos parâmetros divergentes, são encontrados nas Tabelas 14 e 15. Verifica-se que o quadrado médio para os desvios do modelo mostrou-se significativo para AE, PRE e NRP no ensaio conduzido em Água Santa - Piracicaba e para essas mesmas características, mais AP, no ensaio conduzido em Caterpillar - Piracicaba. No experimento de Birigui não houve significância do quadrado médio dos desvios do modelo, para as características lá estudadas. A análise conjunta mostra que essa significância manteve-se para AP, AE, PRE e NRP, indicando que o modelo adotado não é o mais adaptado para estas características.

O efeito médio por ciclo de seleção para aumentar NRP, representado pelo parâmetro b_1 do modelo, mostrou-se significativo na análise conjunta (Tabela 15) para todas as características tendo valores positivos para AP, AE, PRE e NRP e negativos para PRO, PE e PG (Tabelas 13 e 16). Este parâmetro determinou a tendência das médias estimadas colocadas nas Tabelas 5, 6, 7 e 8. Embora as médias observadas mostrem um comportamento variável, como já foi considerado acima, as médias estimadas pela regressão permitem que se tenha uma idéia mais clara da tendência de cada característica ao longo dos ciclos e respectivas linhas de seleção. Procurando ainda uma melhor visualização da tendência das médias das características consideradas, foram construídas as Figuras de 1 a 25. Fixando-se principalmente nas médias conjuntas para os diversos

locais (Figuras 4, 8, 12 e 15) verifica-se que à medida que se conseguiu um ganho de 3,39 ramificações/ciclo para NRP, obteve-se uma resposta correlacionada positiva e significativa para AP (0,019 m/ciclo), AE (0,029 m/ciclo) e PRE (0,008 unidades/ciclo). Para PRO, PE e PG o efeito de b_1 também foi significativo, porém negativo. Desta maneira o progresso observado em NRP correspondeu a uma redução em PRO de 0,016 unidades/ciclo, em PE de 0,142 t/ha/ciclo e em PG de 0,081 t/ha/ciclo (Tabelas 13 e 16; Figuras 18, 21 e 25).

O parâmetro b_2 tendo um efeito divergente de b_1 , ou seja, para diminuir NRP, mostrou-se com sinal invertido. Pelas Tabelas 14 e 15 verifica-se que este efeito foi significativo apenas para AE, PRE, NRP e PG, na análise conjunta, embora tenha mostrado significância para AP em Caterpillar - Piracicaba e Birigui. Pelas Figuras de 1 a 15, observa-se que, para um progresso negativo e significativo em NRP, houve diminuição em AP, AE, PRE e aumentos em PRO, PE e PG. Conjuntamente observa-se que a diminuição de 1,92 ramificações / ciclo em NRP, acarretou uma diminuição de 0,008 m/ciclo em AP, 0,015 m/ciclo em AE, 0,005 unidades/ciclo em PRE e um aumento de 0,008 unidades/ciclo em PRO, 0,064 t/ha/ciclo em PE e 0,068 t/ha/ciclo em PG.

O teste de simetria entre os parâmetros divergentes b_1 e b_2 foi realizado através da fonte de variação $b_1 + b_2 = 0$, ou $b_1 = -b_2$, das Tabelas 14 e 15. Nota-se que apenas a resposta direta em NRP não foi simétrica para as linhas di-

vergentes (efeito $b_1 + b_2 = 0$ significativo) na análise conjunta. As respostas correlacionadas foram todas simétricas na análise conjunta, mesmo com a significância do efeito $b_1 + b_2 = 0$ para as características AP, AE e PE, em Água Santa-Piracicaba. Os efeitos da simetria também podem ser observados nas Figuras de 1 a 25, através da inclinação das retas que representam as médias dos cruzamentos entre as linhas divergentes ($R^+ \times R^-$ e $E^+ \times E^-$). Quando a tendência da reta é manter-se na horizontal, indica uma maior simetria entre os parâmetros b_1 e b_2 .

O parâmetro b_3 do modelo, que representa o efeito médio por ciclo da linha de seleção E^+ , mostrou-se significativamente diferente de zero para as características AP, AE, PRE e NRP, em todos os locais (Tabelas 14 e 15). Para PG a significância ocorreu apenas em Água Santa - Piracicaba e na análise conjunta, enquanto que para PRO e PE o efeito deste parâmetro não foi significativo em nenhum dos locais. Observando-se as estimativas conjuntas (Tabelas 13 e 16; Figuras 4, 8, 12 e 15) nota-se que para um progresso médio de 0,037m/ciclo em AE, ocorreu uma resposta correlacionada positiva de 0,035m/ciclo em AP, 0,007 unidades/ciclo em PRE, 0,087 ramificações/ciclo em NRP e 0,087 t/ha/ciclo em PG. Para PRO e PE, embora as modificações não tenham sido significativas, a tendência foi de respostas positivas da ordem de 0,003 unidades/ciclo e 0,078 t/ha/ciclo respectivamente (Tabelas 13 e 16; Figuras 18 e 21).

Representando o efeito médio por ciclo da li-

nha de seleção E^- , nas diferentes características, o parâmetro b_4 tem suas estimativas, conjunta e para os diversos locais, colocadas na Tabela 13. O progresso observado nessa linha de seleção foi significativo para todos os locais (Tabelas 14 e 15) e da ordem de $-0,036$ m/ciclo em média, como também pode ser visualizado na Figura 8. As respostas correlacionadas mostraram-se significativas para AP ($-0,022$ m/ciclo), PRE ($-0,011$ unidades/ciclo) e NRP ($-0,744$ ramificações/ciclo), conforme também mostrado nas Figuras 4, 12 e 15. As características PRO, PE e PG, em média, pouco foram alteradas com a seleção para diminuir AE, conforme mostrado na Tabela 13 e nas Figuras 21 e 25, embora PE e PG tenham mostrado alterações significativas em Água Santa - Piracicaba. Enquanto PRO mostrou uma resposta correlacionada média nula, PE foi aumentada em $0,066$ t/ha/ciclo e PG em $0,045$ t/ha/ciclo.

Os efeitos de simetria das linhas divergentes de seleção para AE ($b_3 + b_4 = 0$) em média mostraram significância para PRE, PE e PG, indicando que essas respostas correlacionadas não foram simétricas. Porém a característica AP mostrou assimetria significativa em Água Santa-Piracicaba, assim como AE em Caterpillar-Piracicaba. As tendências das linhas de seleção E^+ e E^- , para as diversas características, podem ser melhor observadas pelas Figuras 4, 8, 12, 15, 18, 21 e 25. É interessante notar, nas Figuras 21 e 25, que o efeito $b_3 + b_4 = 0$, em média, deu significativo para PE e PG, pois a tendência de ambas as características foi

aumentar ao longo dos ciclos de seleção, não importando o sentido da seleção em AE.

Para uma melhor visualização dos resultados finais dos três ciclos de seleção divergente, conduzido na população ESALQ-PB 1, a Tabela 16 mostra os progressos e respostas correlacionadas totais, em unidades e % da média original, e os ganhos e respostas correlacionadas médias por ciclo, também em unidades e % da média original de cada característica. Na linha de seleção R^+ o progresso foi de 10,18 ramificações (47,79%) enquanto as modificações em AP, AE, PRE, PRO, PE e PG, foram respectivamente de 0,056 m (2,57%), 0,088 m (6,91%), 0,024 unidades (4,12%), -0,049 unidades (-5,05%), -0,425 t/ha (-8,13%) e -0,244 t/ha (-5,96%). A linha de seleção R^- mostrou um progresso total de -5,77 ramificações (-24,80%) e respostas correlacionadas de -0,025 m (-1,13%) em AP, -0,045 m (-3,53%) em AE, -0,016 unidades (-2,75%) em PRE, 0,024 unidades (2,47%) em PRO, 0,192 t/ha (3,67%) em PE e 0,204 t/ha (4,98%) em PG. Para a característica AE o progresso total observado na linha E^+ foi de 0,111 m (8,73%) e as respostas correlacionadas foram de 0,104 m (4,76%) em AP, 0,021 unidades (3,61%) em PRE, 2,42 ramificações (10,42%) em NRP, 0,009 unidades (0,93%) em PRO, 0,233 t/ha (4,45%) em PE e 0,262 t/ha (6,40%) em PG. Na linha E^- o progresso foi de -0,108 m (-8,51%) e as respostas correlacionadas foram, respectivamente, de -0,066 m (-3,02%), -0,035 unidades (-6,10%), -2,23 ramificações (-9,61%), -0,001 unidades (-0,10%), 0,199 t/ha (3,80%) e 0,134 t/ha (3,27%).

5. DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE DE VARIÂNCIA PRELIMINAR

Pelas análises de variância conjuntas, mais especificamente pela significância dos quadrados médios de subpopulações (Tabelas 12 e 15), tem-se a primeira evidência de que a seleção realizada foi efetiva, modificando as características selecionadas (progresso com seleção) e também as não selecionadas (resposta correlacionada à seleção). Pelo fato dos tratamentos terem sido testados em apenas três locais e dois estarem muito próximos, os quadrados médios foram testados contra o erro médio, portanto considerando a fonte de variação locais como fixa.

A significância de tratamentos para as características PE e PG ocorreu devido às diferenças entre subpopulações e entre a testemunha e as subpopulações, uma vez que

após o desmembramento dos quadrados médios, ambas as fontes de variação foram significativas. Isso é suficiente para permitir a afirmação de que a seleção em NRP e AE foram eficientes em modificar PE e PG, embora apenas três ciclos de seleção tenham sido conduzidos. Pela análise dos parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 , colocada mais à frente, verifica-se uma forte tendência dessas características aumentarem ao longo da linha de seleção R^- e diminuírem ao longo da linha R^+ , confirmando as correlações negativas encontradas por GERALDI *et alii* (1985). Nas linhas E^+ e E^- a tendência foi sempre de aumento de ambas as características, mostrando que a correlação entre AE e as características de produção é pouco expressiva na população ESALQ-PB 1 ou não se expressou devido à tendência de escolha de plantas mais produtivas na linha E^- , como será discutido mais adiante.

A alta significância do quadrado médio de locais, para todas as características, é perfeitamente admissível pelo fato de haver diferenças de solo, clima e época de semeadura. Principalmente as condições climáticas são bastante diferentes entre Piracicaba, onde foram conduzidos dois experimentos e Birigui, onde foi conduzido o terceiro.

A interação entre subpopulações e locais ocorreu de maneira significativa para aquelas características mais

fortemente influenciadas pelo ambiente, ou seja, PE e PG. Para PG o contraste Subp. vs Test. também foi significativo, mas no caso da PE essa interação não foi detectada provavelmente pelo fato de serem considerados apenas dois locais bastante próximos e parecidos climaticamente (Água Santa e Caterpillar - Piracicaba). A testemunha, sendo um híbrido bastante vigoroso, concorreu decisivamente para que AP e PRE mostrassem interação apenas do contraste Subp. vs Test. com locais.

5.2. MÉDIAS OBSERVADAS

A variação observada entre as médias das subpopulações ao longo das gerações e de uma linha de seleção, principalmente para as características não selecionadas, não pode ser considerada como imprecisão das médias. Isso é perfeitamente confirmado pela observação dos coeficientes de variação dos experimentos, que não mostraram valores altos (Tabela 12).

Para as características selecionadas a variabilidade entre as gerações de seleção é explicada por FALCONER (1960b) como sendo devida a problemas de amostragem das subpopulações e também à mudança de ambiente. As mesmas considerações são válidas para explicar a variação das médias das características correlacionadas àquelas selecionadas, as

sim como para explicar a significância dos desvios do modelo adotado para quatro das sete características estudadas.

Desvios das médias verdadeiras realmente ocorrem devido à variação natural das amostras retiradas das populações recombinadas. Quanto ao ambiente ocorre uma interação com anos, pois cada ciclo de seleção é realizado em um ano diferente. No presente caso a não constância da intensidade de seleção e a aplicação de um método de seleção diferente no primeiro ciclo, certamente contribuíram para acentuar a variabilidade entre médias de gerações. No primeiro ciclo a seleção foi entre famílias de meios irmãos, com intensidade de 20% e nos ciclos seguintes praticou-se seleção massal com intensidade de 10% aproximadamente. Ressalte-se que o uso de diferentes critérios de seleção afetam diretamente o progresso; de fato, no 1º ciclo (seleção com famílias de meios irmãos, ambos os sexos) explorou-se 25% da variância aditiva presente, enquanto que nos demais ciclos (seleção massal, ambos os sexos) explorou-se 100% da variância aditiva. Estas diferenças são expressivas, mesmo considerando-se um decréscimo da variância genética através dos ciclos de seleção e são ainda reforçados pela variação no diferencial de seleção. Além disso, uma fraca pressão de seleção, como no primeiro ciclo, resultará em fraca determinação na alteração da média e, conseqüentemente, a sua variação se torna mais errática nas determinações experimentais. Mesmo nos dois últimos ciclos a intensidade não foi precisamente 10% pois foi impossível fixar exatamente o

número de plantas trabalhadas em cada lote. Além do mais, o diferencial de seleção também variou pois, devido à polinização manual, não se conseguiu aproveitar todas as plantas desejadas de cada lote. Os problemas principais foram de contaminação e não coincidência de florescimento.

O fato das médias, principalmente das características correlacionadas, não mostrarem uma tendência uniforme ao longo das respectivas linhas e ciclos de seleção pode levar a inferências errôneas. Isto pode ocorrer principalmente quando se observa apenas o primeiro ciclo de seleção. Um caso típico foi o das respostas correlacionadas negativas de AP no primeiro ciclo das linhas de seleção E^+ e E^- em Água Santa - Piracicaba e da linha E^+ nas médias conjuntas, contrariando os dados de ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979) que verificaram uma correlação positiva e alta entre AP e AE na população ESALQ-PB 1. Fato parecido ocorreu com PRE que segundo ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979) é positivamente correlacionada com AE. Porém esta característica diminuiu quando se aumentou AE no primeiro ciclo em Birigui e praticamente não se modificou quando as médias conjuntas foram consideradas. Da mesma maneira a tendência de PRO no primeiro ciclo de seleção da linha R^+ em Caterpillar-Piracicaba, contraria as correlações positivas encontradas por SOUZA Jr. et alii (1985) entre PRO e NRP. Disto tudo o que se pode inferir é que a observação apenas de um ciclo não é suficiente para se medir a tendência de mudança da média de uma ca-

racterística correlacionada, pois quando se analisam três ciclos, as tendências contrárias citadas acima voltam ao normal e, em média, os resultados concordam com as previsões.

A resposta observada em NRP, no primeiro ciclo de seleção, em média para os locais, foi bastante próxima daquela prevista por ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979). Enquanto estes autores previram uma diminuição de 11,73% em NRP com a seleção negativa, a resposta obtida foi de -10,9%. Para a seleção positiva a resposta observada foi praticamente da mesma magnitude, ou seja 10,2%. Enquanto isso a resposta observada em AE foi bem diferente daquela prevista por GHINI & MIRANDA FILHO (1979). Enquanto estes autores estimaram um progresso de -5,92% na seleção para reduzir AE, o progresso observado foi de -3,54%, pouco mais da metade do progresso previsto. Na seleção positiva o progresso observado foi de apenas 1,11%. A não confirmação da resposta prevista é justificável pelo fato de a seleção ter sido praticada apenas entre famílias de meios irmãos, enquanto a estimativa do progresso esperado foi feita para seleção entre e dentro de meios irmãos. Por outro lado também houve o problema da recombinação que não foi perfeita devido à confusão ocorrida entre as linhas masculinas e femininas, o que pode ter causado um desequilíbrio considerável na frequência gênica da subpopulação recombinação. Como a previsão da resposta tem como princípio o equilíbrio nessa frequência é esperado que esta resposta não seja alcançada.

5.3. MÉDIAS ESTIMADAS

5.3.1. Modelo matemático

Segundo FALCONER (1960b), a melhor maneira de se avaliar a resposta média por geração em um processo seletivo é por meio da inclinação da linha de regressão ajusta-da às médias das gerações, supondo-se que a resposta verda-deira seja constante em todo o período. No presente caso essa inclinação é representada pelos parâmetros b_1 , b_2 , b_3 e b_4 do modelo matemático adotado. Estes parâmetros represen-tam a resposta média por ciclo (progresso ou resposta corre-lacionada) para cada característica, sendo b_1 para a linha de seleção R^+ , b_2 para R^- , b_3 para E^+ e b_4 para E^- .

O modelo escolhido permite uma visualização dos efeitos da seleção, embora as características AP, AE, PRE e NRP não tenham se adaptado ao mesmo, como verifica-se pelos desvios significativos da Tabela 15. A opção por este mode-lo foi feita com base em resultados de ANDRADE & MIRANDA FI-LHO (1979) que estimaram um grande componente aditivo na va-riação total da característica NRP, e de GHINI & MIRANDA FI-LHO que fizeram o mesmo para AE. A heterose não foi conside-rada nos cruzamentos entre as linhas divergentes pelo fato de se ter partido da mesma população original. Além disso tam-bém se considerou que três ciclos de seleção era insuficien-te para tornar as linhas divergentes tão contrastantes.

O fato dos desvios do modelo serem significativos para algumas características indica que os parâmetros não são exatamente aqueles calculados, ou seja, os efeitos b_1 , b_2 , b_3 e b_4 não são constantes para os três ciclos. Isso era esperado pois a seleção diferiu em método, intensidade e diferencial de seleção. Mesmo o segundo e terceiro ciclos foram bastante diferentes. No segundo ciclo ocorreram ventos fortes que tombaram muitas plantas no lote isolado e a seleção ficou sensivelmente prejudicada. Como o objetivo não foi testar modelos adequados, as estimativas permitem uma avaliação dos efeitos da seleção.

5.3.2. Progressos com seleção para NRP

Os efeitos da seleção em NRP (b_1 e b_2) foram altamente significativos para esta característica, em todos os locais e para as médias conjuntas (Tabelas 14 e 15; Figuras 13, 14 e 15). Os progressos médios de 3,39 ramificações / ciclo na linha R^+ (b_1) e -1,92 ramificações/ciclo na linha R^- (b_2) confirmaram plenamente a alta herdabilidade desta característica na população ESALQ-PB 1, encontrada por ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979). Em termos de percentagem, o progresso da linha negativa foi de -8,27%/ciclo, sendo bastante próximo dos -11,22% previstos para o primeiro ciclo de seleção, por estes mesmos autores. Para outras populações também foram relatadas altas herdabilidades para esta característica, como verifica-se em Daniel (1965)⁴, SCHUETZ & MOCK (1978), SMITH et alii (1982), GERALDI et alii (1985) e SOUZA Jr. et alii

(1985). Com relação à seleção, resultados semelhantes foram obtidos por PATERNIANI & GERALDI (1980), na população Piranão VD-2.

A seleção positiva foi bem mais eficiente do que a seleção negativa (14,79%/ciclo contra 8,27%/ciclo respectivamente), refletindo uma acentuada assimetria da resposta. Esta assimetria foi comprovada estatisticamente pela alta significância do efeito $b_1 + b_2 = 0$, que testa a igualdade das magnitudes de b_1 e b_2 . Segundo FALCONER (1960a), em caso de assimetria da resposta, a média das herdabilidades realizadas nas duas direções, seria presumidamente, correspondente à herdabilidade estimada da semelhança entre parentes. Portanto a resposta predita em uma das direções também estaria em torno da média das duas respostas realmente obtidas. Isto se confirmou para NRP cuja resposta predita para o primeiro ciclo foi da ordem de 11,22%, praticamente igual à magnitude da média das respostas obtidas por ciclo nas duas direções, que foi de 11,53%.

É interessante considerar neste ponto o fato da resposta prevista por ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979) ter sido calculada para o primeiro ciclo, enquanto a resposta média foi obtida em função de três ciclos de seleção. Isto mostra a grande variabilidade da característica NRP na população ESALQ-PB 1, variabilidade esta que não se esgotou após o primeiro e segundo ciclos de seleção. Espera-se inclusive que essa variabilidade ainda se mantenha por inúmeros ciclos de seleção, baseando-se em resultados semelhantes obtidos por

DUDLEY & LAMBERT (1969) e DUDLEY (1977). Estes autores verificaram que mesmo após um grande número de gerações de seleção para alto e baixo teores de óleo e alto e baixo conteúdos de proteína na população Burr's White, a variabilidade existente ainda era suficiente para progressos significativos. Isso é bastante comum em caracteres quantitativos como também foi confirmado por MILLER et alii (1981).

5.3.3. Respostas correlacionadas à seleção para NRP

As respostas correlacionadas à seleção em NRP foram bastante evidentes em todas as características, principalmente no sentido positivo, conforme verifica-se pela significância dos efeitos b_1 e b_2 das Tabelas 14 e 15. As características AP, PRO e PE, embora não tenham apresentado significância para o efeito b_2 , mostraram uma tendência bastante clara, sendo que AP diminuiu e PRO e PE aumentaram na linha R^- . É de se esperar que mais um ou dois ciclos de seleção para NRP produza alterações significativas também nessas características, na linha R^- .

As respostas correlacionadas positivas, estimadas pela regressão, nas características da planta (AP, AE e PRE) já eram esperadas por ANDRADE & MIRANDA FILHO (1980) que estimaram correlações genéticas positivas entre NRP e essas características, para a própria população ESALQ-PB 1. PATERNIANI (1981) também relatou correlações positivas entre

NRP e PRE para diversas raças de milho, argumentando sobre a importância evolutiva de tal processo, enquanto PATERNIANI & GERALDI (1980) mostraram tendência de redução em AP e PRE, com seleção para menor NRP, na população Piranão VD-2.

Com relação à PRO, as respostas correlacionadas estimadas pela regressão confirmaram as correlações relacionadas por SOUZA Jr. *et alii* (1985) na população Suwan-DMR. Estes autores estimaram uma correlação genética aditiva parcial (r_{AP}), entre PRO e NRP, de -0,767, prevendo que a resposta correlacionada na PRO seria da ordem de 5,9% com seleção entre famílias de meios irmãos (em ambos os sexos e com intensidade de 20%), para menor NRP. As magnitudes das respostas correlacionadas estimadas para a população ESALQ-PB 1, não atingiram aquela prevista para a população Suwan-DMR, o que é esperado pelo fato do material e as condições serem muito diferentes. Porém a resposta correlacionada observada no primeiro ciclo da linha R⁻ (Tabela 9) foi da ordem de 5,4%. Ressalte-se que este ciclo foi o único onde a seleção foi praticada entre famílias de meios irmãos.

Para explicar o aumento da PRO com a seleção para menor NRP, SOUZA Jr. *et alii* (1985) tomaram como base os estudos de natureza fisiológica feitos por ANDERSON (1967), o qual verificou que o pendão de híbridos prolíficos possuía a metade da quantidade de ácido indol-acético (IAA), quando comparado ao pendão de híbridos não prolíficos. Portanto a prolificidade era devida à redução na quantidade do IAA pro

duzido no pendão, o que alteraria o balanço IAA-ácido giberélico em favor do segundo. Como o IAA é produzido nos meristemas apicais, as plantas com pendões menos ramificados (menor número de meristemas apicais) produziram menos IAA, o que diminuiria a inibição das gemas axilares, dando oportunidade para que mais de uma delas se desenvolvesse e se diferenciasse em espigas. Isso acarretaria um aumento na produção, altamente correlacionada com PRO ($r_{AP} = 0,959$) segundo SOUZA Jr. et alii (1985).

Uma vez que o interesse é a obtenção de plantas mais produtivas, com menor altura, com espigas inseridas numa posição inferior e mais prolíficas, as respostas correlacionadas obtidas indicam a possibilidade da utilização do NRP como um forte aliado na obtenção de populações de plantas mais próximas ao ideotipo, a partir da população ESALQ-PB 1. No entanto, a resposta correlacionada na produção, embora significativa, não foi tão alta quanto àquela prevista por GERALDI et alii (1985) para três outras populações. Estes autores previram que a seleção indireta para menor NRP seria mais eficiente em melhorar a produção do que a seleção direta. Dados dessa natureza não estão disponíveis para a população ESALQ-PB 1, não sendo possível uma comparação entre a resposta predita e aquela obtida. Possivelmente a resposta obtida é menor pois a predição seria feita com base em contagem exata e a seleção, em dois ciclos, foi visual.

5.3.4. Progressos com seleção para AE

Da mesma maneira que os efeitos da seleção em NRP,

os efeitos da seleção em AE (b_3 e b_4) confirmaram a alta hereditabilidade desta característica na população ESALQ-PB1, conforme dados de GHINI & MIRANDA FILHO (1979). Os progressos de 0,037 m/ciclo e -0,036 m/ciclo conseguidos nas linhas E^+ (b_3) e E^- (b_4) foram altamente significativos em todos os locais e para as médias conjuntas (Tabelas 14 e 15; Figuras 5, 6, 7 e 8). Para outras populações também foram relatadas altas herdabilidades para o caráter AE (GIESBRECHT et alii, 1961; REGAZZI et alii, 1980; SOUZA Jr. et alii 1980a; TOSELO & GERALDI, 1980; HARVILLE & JOSEPHSON, 1979; QUEIROZ, 1969; MIRANDA FILHO, 1974; LIMA & PATERNIANI, 1977; CRISOSTOMO, 1978 e MIRANDA FILHO, 1978), assim como progressos significativos com a seleção foram conseguidos por diversos pesquisadores (VEIRA & CRANE, 1970; ACOSTA & CRANE, 1972; JOSEPHSON & KINCER, 1977 e MUCHENA et alii, 1979).

Os progressos médios obtidos na população ESALQ-PB 1, embora significativos, não tiveram a mesma magnitude daquele previsto por GHINI & MIRANDA FILHO (1979) no primeiro ciclo de seleção para diminuir AE, nesta mesma população. Enquanto a citada previsão foi de -5,59%, o progresso médio na linha E^- foi de apenas -2,84%. Esse progresso obtido aproximou-se dos 2,90%/ciclo, obtidos por JOSEPHSON & KINCER (1977) em um sintético tardio, aplicando o mesmo processo de seleção aqui utilizado, porém por 10 ciclos. No entanto estes mesmos autores conseguiram um progresso de 4,30%/ciclo em um sintético precoce, utilizando a mesma metodologia do sintético tardio.

No caso de AE a seleção positiva não foi mais eficiente que a seleção negativa (2,91%/ciclo contra -2,84%/ciclo), não mostrando assimetria na resposta. Esta ausência de assimetria foi comprovada estatisticamente pela não significância do efeito $b_3 + b_4 = 0$ na análise conjunta, que testa a igualdade das magnitudes de b_3 e b_4 .

Fazendo-se para AE uma analogia semelhante àquela feita para NRP, entre a magnitude da resposta predita e a média das respostas divergentes realizadas, verifica-se que neste caso elas são bastante diferentes. Enquanto a resposta predita para o primeiro ciclo foi da ordem de 5,59% (GHINI & MIRANDA FILHO, 1979), a média das respostas realizadas nas duas direções, foi de 2,88%/ciclo. O fato da resposta prevista por GHINI & MIRANDA FILHO (1979) ter sido calculada para o primeiro ciclo, enquanto a resposta média foi obtida em função de três ciclos de seleção, não deve ser levado em conta para explicar a diferença entre elas, pois AE é um caráter tão quantitativo e com herdabilidade tão alta quanto NRP, onde essa diferença não ocorreu. O que deve ser levado em consideração no caso de AE é o fato da recombinação do primeiro ciclo de seleção, feito entre famílias de meios irmãos, não ter sido perfeita, pois as linhas masculinas foram confundidas com as linhas femininas, formando um lote de polinização ao acaso, onde o pólen recebido pelas famílias não foi uma mistura equitativa do pólen de todas as famílias selecionadas. Isso contribuiu para que o progres-

so no primeiro ciclo não fosse o esperado. De fato, observando - se as Figuras 5, 6, 7 e 8 nota-se que não houve progresso no primeiro ciclo de seleção na linha E^+ . A linha E^- também mostrou os menores progressos neste ciclo, exceto em Birigui. Um outro problema ocorreu no segundo ciclo onde a seleção foi feita para apenas um sexo, além do lote ter sido conduzido sob isolamento apenas parcial. Isso influenciou na linha E^+ de maneira positiva neste ciclo, como se nota pelos maiores progressos obtidos. A linha E^- mostrou um progresso médio bem menor neste ciclo, em relação ao terceiro, onde não houve problemas.

Esses contratempos, além de contribuírem para que os progressos médios fossem menores que o previsto, não permitiram uma conclusão sobre a presença ou ausência de assimetria entre as linhas divergentes E^+ e E^- .

5.3.5. Respostas correlacionadas à seleção para AE

As respostas correlacionadas à seleção para AE, bastante evidentes em ambos os sentidos para AP, PRE e NRP, confirmaram as altas correlações positivas encontradas por ANDRADE & MIRANDA FILHO (1980) na população ESALQ-PB 1. Esses autores encontraram uma correlação de 0,84 entre AE e AP, 0,71 entre AE e PRE e 0,44 entre AE e NRP.

Quanto à correlação entre AE e AP, SUBANDI & COMPTON (1974) e REGAZZI et alii (1980) também relataram coeficientes altos (entre 0,6 e 0,8), enquanto MUCHENA et alii (1979) conseguiram reduções significativas em AP com seleção para menor AE. Esta correlação é bastante alta para a maioria dos germoplasmas de milho, pois a modificação em AE é devida à variação na frequência de genes que reduzem ou aumentam o número de internódios abaixo da espiga assim como à variação na frequência de genes que reduzem ou aumentam o comprimento destes internódios. Isso ocorrendo fica evidente que a AP também será afetada pois ela depende desses internódios, além do fato de que os genes que modificam o comprimento dos internódios, atuam tanto naqueles colocados abaixo como acima da espiga. A modificação em AE sem alterar AP só é possível se ocorrer a mudança da espiga para um internódio mais baixo, como foi conseguido por JOSEPHSON & KINCER (1977). Neste caso, embora AP não tenha sido afetada, a PRE diminuiu de 0,37 para 0,24 em um sintético precoce e de 0,37 para 0,27 em um sintético tardio. Considerando que na população ESALQ-PB 1 a seleção em AE alterou tanto AP como PRE, pode-se inferir que houve acúmulo de genes favoráveis à diminuição do comprimento dos internódios na linha de seleção E⁻.

As correlações de AE com PRO, PE e PG, para a população em questão, não estão disponíveis na literatura. Porém a não significância dos efeitos b_3 e b_4 para as duas primeiras características (Tabelas 14 e 15) indica que elas são baixas ou inexistentes. Embora tenha havido significância para o

efeito b_3 , é possível que não exista correlação positiva entre AE e PG, pois ambos os efeitos (b_3 e b_4) mostraram tendência em aumentar, da mesma maneira que ocorreu com PE. Por outro lado, pode ter havido uma tendência inconsciente para seleção de plantas baixas porém produtivas, na linha E^- . Isso é possível mesmo supondo que exista correlação (r) positiva entre AE e PE ou AE e PG. Essas correlações permitiriam tal resultado para $r < 1$. Deste modo a seleção de caracteres em sentido contrário pode ser efetiva dada a correlação relativamente baixa entre eles. De fato HALLAUER & MIRANDA FILHO (1981) mencionaram um coeficiente de correlação aditiva da ordem de 0,31 entre produção e altura da espiga na média de 23 estudos relatados por diversos autores. Uma consideração bastante consistente à favor da baixa magnitude de tal correlação é a própria origem da população ESALQ-PB 1, que foi obtida levando-se em conta tanto a produção como o porte da planta (MIRANDA FILHO, 1974). Kiesselbach (1922)⁷, realizando o mesmo tipo de seleção divergente para AE, encontrou uma diminuição da produção em ambas as linhas. Esses resultados mostram a possibilidade da diminuição de AE sem maiores prejuízos para a produção. Segundo QUEIROZ (1969), MIRANDA FILHO (1974) e LIMA & PATERNIANI (1977) isso é perfeitamente possível pois a correlação entre AE e produção é de propriedade intrapopulacional, encontrando-se germoplasmas onde os valores são altos e outros onde são baixos ou inexistentes.

5.3.6. Assimetria da resposta à seleção divergente para NRP

No presente estudo, como relatado e discutido

anteriormente, houve assimetria na resposta à seleção em NRP. Cabe neste ponto algumas considerações sobre as possíveis causas dessa assimetria.

Segundo FALCONER (1960a) as possíveis causas da assimetria seriam: 1) mudança no diferencial de seleção das linhas divergentes; 2) dominância direcional; 3) frequência gênica direcional; 4) seleção a favor de heterozigotos; e 5) depressão por endogamia.

Os diferenciais de seleção diferentes estariam relacionados com a influência da seleção natural em um dos sentidos da seleção (aquele de maior adaptabilidade), com a produção desigual de pólen no lote de recombinação e com o efeito de escala (mudança da variância com a alteração da média). No caso em estudo a influência da seleção natural pode ser desconsiderada pelo fato de que a seleção e a recombinação foram feitas em condições suficientemente controladas, tornando mínimo tal efeito. Além do mais apenas três ciclos de seleção envolvem um tempo muito curto para mostrar efeito da seleção natural. A produção desigual de pólen deve ter influído no primeiro ciclo, no sentido de aumentar a média tanto na linha R^+ como R^- , pois as plantas com pendões maiores produziram mais pólen e deixaram uma maior descendência. Consideração semelhante foi feita por GERALDI *et alii* (1985), prevendo que tal fato contribuiria para que a resposta observada não fosse parecida com a predita. No presente caso, embora tenha havido uma seleção nas linhas mascu

linas, esta não foi tão eficiente a ponto de igualar a produção de pólen de todas as plantas polinizadoras. Porém nos dois ciclos seguintes isso não ocorreu pois a polinização foi manual e uma quantidade igual de sementes foi tomada de cada espiga trabalhada. O efeito de escala também não influenciou o bastante para provocar assimetria, pois a correlação entre a média geral dos tratamentos e a variância (calculada com as repetições nos diversos locais) não foi alta o suficiente para permitir tal inferência.

O que realmente concorreu para a variação no diferencial de seleção foi a impossibilidade da uniformização desse diferencial para as duas linhas, conforme discutido no item 5.2. O cuidado em não se considerar as plantas pouco vigorosas e com menor NRP pode ter contribuído de maneira decisiva para uma menor resposta na linha R^-

Com dominância direcional a maioria dos genes que controlam um caráter são dominantes em uma direção e, desde que a frequência inicial seja 0,5, a maior resposta será na direção dos genes recessivos. Devido a isso o cruzamento das linhas divergentes tende a acompanhar a linha dominante. Isto foi verificado na seleção divergente para o comprimento da espiga na população "Iowa Long Ear Synthetic", relatada por CORTEZ-MENDOZA & HALLAUER (1979) onde o cruzamento mostrou tendência em acompanhar a linha de espiga mais comprida. Na seleção divergente para NRP na população ESALQ-PB 1 não há indícios da existência de dominância direcional pois o cruzamento das linhas divergentes teve sempre a ten

dência de acompanhar a média da população original, como pode ser verificado pelas médias observadas das Figuras 13, 14 e 15. A não existência de dominância direcional é compreensível também pelo fato de que os principais efeitos dos genes envolvidos com a característica são aditivos, conforme relatado por ANDRADE & MIRANDA FILHO (1979) e GERALDI et alii (1985).

Com freqüência gênica direcional, a assimetria ocorre pelo fato dos alelos mais frequentes em cada loco serem, na maioria, aqueles que afetam o caráter em uma das direções. Segundo FALCONER (1960a), na ausência de dominância direcional, espera-se que este fenômeno cause uma resposta mais rápida à seleção na direção dos alelos menos frequentes. No trabalho de CORTEZ-MENDOZA & HALLAUER (1979) a freqüência gênica direcional foi uma das causas responsáveis pela assimetria da resposta, pois a população utilizada foi sintetizada à partir de linhagens selecionadas para espiga longa. Como os alelos para espiga curta eram menos frequentes, o progresso foi maior nessa direção. O fato da população ESALQ-PB 1 ter sido sintetizada à partir de variedades de porte baixo e ainda ter sido submetida a dois ciclos de seleção para maior produtividade pode ter concentrado genes para menor NRP, uma vez que a primeira característica está positivamente correlacionada com NRP e a segunda está negativamente correlacionada com NRP. Neste caso a seleção para maior NRP mostrou um progresso maior devido à baixa freqüência dos genes atuantes nesta direção.

A seleção a favor de heterozigotos em uma das linhas tornaria a resposta lenta ou nula, pois a cada recombinação as frequências genotípicas tenderiam a voltar àquelas frequências da população original. Além do mais, o cruzamento das linhas divergentes tenderia mais para o lado da linha onde fossem concentrados locos em homozigose. No entanto isso não ocorre na população ESALQ-PB 1 onde o cruzamento das linhas divergentes mostra tendência em acompanhar a média original. Além disso o progresso no sentido negativo, embora menor que no sentido positivo, foi grande o suficiente para refutar tal idéia.

Segundo FALCONER (1960a), se o caráter selecionado estiver sujeito à depressão por endogamia, haverá uma tendência de declínio da média. Isso reduziria a taxa de resposta à seleção no sentido positivo e aumentaria a resposta no sentido negativo, dando origem à assimetria. No entanto, no caso em questão ocorreu justamente o contrário, ou seja, a maior resposta foi no sentido positivo, o que permite considerar que a endogamia não foi responsável pela assimetria verificada.

Em média os efeitos de assimetria em NRP não foram transmitidos para as características correlacionadas. Isto indica que, seja no caso de ligação gênica ou pleiotropismo, os efeitos desses genes nas demais características não são proporcionais aos efeitos em NRP.

5.3.7. Simetria da resposta à seleção divergente para AE

Conforme já relatado anteriormente, as respostas divergentes para AE foram praticamente da mesma magnitude, sendo os efeitos de assimetria não significativos. No entanto, essa ausência de assimetria da resposta não permite inferir que todas as causas consideradas para a assimetria em NRP estivessem ausentes na seleção em AE.

No caso de AE é razoável considerar que a seleção a favor de heterozigotos e depressão por endogamia realmente não ocorreram, pois em caso positivo o progresso não teria sido acentuado e a linha E⁻ decairia muito mais, mesmo considerando os contratempos ocorridos no processo de recombinação e o isolamento apenas parcial no segundo ciclo de seleção. Porém os efeitos assimétricos causados pela mudança no diferencial de seleção e pela frequência gênica direcional podem ter sido mascarados pelos problemas de isolamento e recombinação. Essas duas causas certamente estiveram presentes pois os métodos foram os mesmos utilizados em NRP. No segundo caso a frequência inicial dos genes para menor AE deve ser maior do que a frequência dos genes para maior AE pois a população ESALQ-PB 1 foi obtida a partir de variedades de porte baixo e AP está forte e positivamente correlacionada com AE (ANDRADE & MIRANDA FILHO, 1979). Os dois ciclos de seleção para produtividade não devem ter alterado tais fre

qüências uma vez que a correlação entre PG e AE é considerada baixa, de acordo com a resposta correlacionada observada neste estudo (Figuras 5, 6, 7, e 8). Entretanto a frequência dos genes para espiga alta pode ter sido aumentada no segundo ciclo de seleção, onde o lote não foi suficientemente isolado e a contaminação com pólen de plantas normais pode ter ocorrido. Neste caso, a seleção foi feita apenas para o sexo feminino.

Para se ter evidências mais precisas sobre a simetria ou assimetria da resposta à seleção em AE, faz-se necessário a observação de mais alguns ciclos de seleção divergentes.

Quanto aos efeitos que medem a assimetria nas respostas correlacionadas, houve significância apenas para PRE, PE e PG, enquanto que para AP a tendência de assimetria, embora não significativo, foi bastante forte. No caso de PRE a interpretação é um pouco complexa pois a característica envolve duas outras que estão correlacionadas (AE e AP). Considerando um progresso simétrico em AE, como realmente ocorreu, e uma resposta correlacionada nula em AP, ter-se-ia uma divergência simétrica em PRE. Porém, no presente caso, a resposta correlacionada em AP foi maior no sentido positivo (0,035 m/ciclo) do que no sentido negativo (-0,022 m/ciclo), o que concorreu para a significância da assimetria em PRE. Na linha E⁺, como a resposta correlacionada foi maior, os denominadores foram maiores e a inclinação da reta que re

presenta a relação AE/AP foi menor do que aquela inclinação obtida no caso da ausência de resposta correlacionada em AP (denominadores constantes). Já na linha E^- , como a resposta correlacionada foi menor, os denominadores foram menores e a magnitude da inclinação da reta representativa da relação AE/AP foi maior do que aquela inclinação obtida no caso da ausência de resposta correlacionada em AP. Portanto, devido ao tipo de resposta correlacionada em AP, as respostas correlacionadas em PRE na linha E^- tenderam a ser maiores, acarretando a assimetria verificada.

Para as características de produção (PE e PG) a assimetria nas respostas correlacionadas foi evidente, pelo fato de ambas as linhas terem mostrado tendência para o mesmo lado, ou seja de aumentar a característica. As mesmas considerações feitas sobre a natureza da correlação entre AE e tais características, colocadas no item 5.3.5., podem ser feitas neste caso.

5.4. SELEÇÃO COMBINADA NRP-PRODUÇÃO

É possível inferir que para se ter uma resposta correlacionada mais significativa na produção, o procedimento mais correto seria a seleção de plantas com pendões menores dentro de um grupo de plantas vigorosas. Esta seria um tipo de seleção combinada, como aquela mostrada por GERALDI *et alii* (1985) para famílias de meios irmãos. Estes au

tores mostraram um esquema onde a seleção para produção seria feita entre e dentro de famílias, enquanto a seleção para menor NRP seria feita na linha masculina do lote de recombinação, antes da liberação do pólen.

No caso da seleção massal estratificada, um procedimento parecido ao citado acima, poderia ser adotado apenas com uma ligeira adaptação do esquema convencional proposto por GARDNER (1961). O campo seria semeado normalmente, as plantas visivelmente debilitadas seriam eliminadas antes do florescimento e, antes da liberação do pólen, 50 a 60% das plantas com pendões mais ramificados seriam despendoadas em cada estrato. Na época da colheita, de acordo com a intensidade de seleção, seriam escolhidas as melhores plantas de cada estrato, com base na sua produção e outras características de interesse. Esta escolha poderia ser feita entre as plantas não despendoadas, o que resultaria em seleção em um sexo para produção e ambos os sexos para NRP. Optando-se pela escolha de qualquer planta do estrato, mesmo as despendoadas, a seleção para NRP não seria mais para ambos os sexos. Em qualquer um destes esquemas a seleção para produção teria eficiência, pois encontraria variabilidade suficiente mesmo dentro de um grupo de plantas vigorosas. Este seria o esquema mais indicado por ser eficiente e mais simples.

Se a opção for a utilização de progênies, em casos de programas já em andamento, a alta herdabilidade de NRP, a baixa herdabilidade da produção e a alta correlação entre essas características, justificam um esquema que também leve em consideração a seleção entre

progênie para NRP, além da seleção dentro da linha masculina do lote de recombinação, mostrada por GERALDI *et alii* (1985). Ao invés da seleção entre para produção ter uma intensidade de 20%, passaria para 40% e entre essas famílias selecionadas seria feita a seleção daquelas com pendões menos ramificados, com a intensidade de 25%, totalizando 10% de intensidade total. Desta maneira a seleção para NRP seria para ambos os sexos, entre famílias e apenas para o sexo masculino dentro de famílias.

5.5. SELEÇÃO COMBINADA AE-PRODUÇÃO

A baixa magnitude da correlação entre a altura da espiga e produção facilita a obtenção de plantas produtivas e com espigas baixas a partir da população ESALQ-PB 1. Quando elas estão correlacionadas, conforme inúmeros dados da literatura (REGAZZI *et alii*, 1980; HORNER *et alii*, 1963; GARDNER, 1959; VERA & CRANE, 1970; ACOSTA & CRANE, 1972 e JOSEPHSON & KINCER, 1977), esta correlação é positiva e dificulta a seleção pois os interesses são contrários.

Na prática da seleção massal estratificada as duas características podem ser avaliadas em conjunto e visualmente. Devido à baixa magnitude da correlação, existe a possibilidade de se encontrar plantas com espigas baixas e ao mesmo tempo produtivas, para serem selecionadas dentro de cada estrato. A combinação dessas características em um mesmo indivíduo é mais uma questão de acaso. Procurando aumen-

tar a eficiência da seleção para AE, aquelas plantas com espigas muito altas podem ser despendoadas na época do florescimento.

No caso de progênies, como a base de seleção fica um pouco restrita pela dificuldade na avaliação de um grande número de famílias seria interessante praticar-se seleção para produção entre progênies e seleção para AE e produção dentro de progênies. No lote de recombinação as linhas polinizadoras sofreriam despendoamento das plantas de espiga alta e nas linhas femininas seriam selecionadas (seleção dentro) apenas plantas de espiga baixa e produtivas.

5.6. SELEÇÃO COMBINADA NRP-AE-PRODUÇÃO

O tipo de relação entre as características NRP, AE e PG, na população ESALQ-PB 1 facilita a execução de um esquema de seleção envolvendo as três características, objetivando-se a formação de uma população mais próxima ao ideotipo. Tal processo seria a junção daqueles dois discutidos para NRP-produção e AE-produção, tanto para seleção massal como para seleção entre e dentro de progênies.

A seleção massal estratificada, como é feita basicamente com a visualização no campo, comporta bem um tipo de índice de seleção visual, envolvendo as três características. Este índice empírico é normalmente utilizado, muitas vezes intuitivamente, pelos melhoristas na seleção massal.

Aqui entretanto, ele pode ser um pouco mais rígido, pois as três características a considerar são bem definidas e razoavelmente fáceis de avaliar. Neste processo o despendoamento das plantas com espigas altas e pendões muito ramificados, assim como das plantas pouco vigorosas, funcionaria como uma seleção do lado masculino. No momento da colheita se ria feita a seleção do lado feminino, entre as plantas não despendoadas. Em cada estrato seria forçada a escolha de plantas com espigas baixas, pendões pouco ramificados e bom potencial produtivo.

No caso da utilização de progênies seria feita uma seleção entre para produção, com intensidade de 40%, e das progênies selecionadas seriam tomadas aquelas com pendões menos ramificados, numa intensidade de 25%. Desta maneira ter-se-ia uma intensidade total de 10%. No lote de recom binação, nas linhas masculinas, seria feito o despendoamento das plantas de espiga alta e pendões muito ramificados e na colheita seria praticada a seleção dentro (linhas femini nas) através da escolha das plantas de espiga baixa e com bom potencial produtivo. Com a possibilidade de um grande número de despendoamentos na linha polinizadora, seria recomendável alterar a proporção entre linhas femininas e mascu linas de 2:1 para 3:2.

É interessante observar, nos esquemas de sele ção entre e dentro de progênies, que a seleção mais intensa seria para NRP. Isto foi colocado levando-se em conta a al-

ta correlação positiva entre NRP e AE, a alta correlação negativa entre NRP e PG, além da baixa herdabilidade de PG e da baixa magnitude da correlação entre AE e PG, onforme dados obtidos neste estudo e relatados por GERALDI et alii (1985).

6. CONCLUSÕES

A análise dos três ciclos de seleção divergente, aplicados na população ESALQ-PB 1 para as características NRP e AE, permite as seguintes conclusões:

a) As características AE e NRP são de fácil avaliação e facilmente alteradas através de processos simples de seleção como a seleção massal. O efeito direto da seleção divergente em AE (2,91%/ciclo na seleção positiva e 2,84%/ciclo na seleção negativa) e em NRP (14,6%/ciclo na seleção positiva e 8,27% na seleção negativa) comprovam tal conclusão;

b) Para NRP o maior progresso na seleção positiva foi atribuído à inconstância do diferencial de seleção. A hipótese de frequência gênica direcional deve ser considerada mas a evidência não é tão forte;

c) A simetria das respostas para AE é em favor da hipótese de igualdade de eficiência em ambos os sentidos da seleção divergente; porém a influência de diversos fatores no processo de seleção requer maiores evidências neste aspecto;

d) A seleção em NRP conduz a alterações expressivas em diversas características, quais sejam, aumentos em AP, AE e PRE e diminuições em PRO, PE e PG na seleção positiva e efeitos contrários na seleção negativa.

e) A seleção em AE conduz a alterações expressivas nas características AP, PRE e NRP, ou sejam, aumentos na seleção positiva e diminuições na seleção negativa; para PG existe maior evidência de aumento na seleção positiva e nenhuma evidência de diminuição na seleção negativa, o que possivelmente está relacionado ao fato de não se tomar plantas pouco vigorosas com menor AE, no ato da seleção.

f) As alterações na produção devido à seleção divergente em AE, sendo no mesmo sentido, ou seja de aumento, mostra a possibilidade de se modificar uma característica sem alterar a outra em sentido indesejável. No entanto, para se ter sucesso em um programa desse tipo, é aconselhável considerar ambas as características simultaneamente. Desta maneira as demais características da planta, como NRP, PRE e AP também tenderão na direção desejada;

g) A característica NRP deve ser considerada em programas de melhoramento, conjuntamente com outras características, no sentido de auxiliar na obtenção de cultivares de melhor arquitetura e mais produtivas. As plantas de pendões menores (menor NRP) geralmente possuem um porte menor, uma menor posição relativa da espiga e um maior potencial para prolificidade e produção;

h) As respostas obtidas com seleção são demonstrativas de que a população ESALQ-PB 1 apresenta variabilidade genética ampla para AE e principalmente para NRP, além dos outros caracteres que sofrem resposta correlacionada à seleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, A.E. & CRANE, P.L. Further selection for lower ear height in maize. Crop Science, Madison, 12: 165-7, 1972.
- AHMAD, M. Inheritance of ear height in *Zea mays*. Dissertation Abstracts International, Ann Arbor, 640: 128b, 1968.
- ANDERSON, I.C. Plant characteristics that effect yield. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 22., Chicago, 1967. Proceedings. Washington, American Seed Trade Association, 1967; 22. p.71-3.
- ANDERSON, I.C. Possible practical application of chemical pollen control in corn and sorghum seed production. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 26., Chicago, 1971. Proceedings. Washington, American Seed Trade Association, 1971; 26. p.22-6.
- ANDRADE, J.A. da C. & MIRANDA FILHO, J.B. de. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres do pendão na população ESALQ-PB 1 de milho. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 13: 15-21, 1979.
- ANDRADE, J.A. da C. & MIRANDA FILHO, J.B. de. Correlações genéticas e fenotípicas envolvendo caracteres da planta e do pendão do milho. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 14: 5-10, 1980.

BORGERSON, C. Methods of detasseling and yield of hybrid seed corn. Agronomy Journal, New York, 35: 919-22, 1943.

BRUCE, R.R.; SANFORD, J.O.; HYHRE, D.L. Soil water and nitrogen influence on growth and fruiting of a cytoplasmic-male-sterile corn hybrid and its fertile counterpart. Agronomy Journal, New York, 58: 631-4, 1966.

BUREN, L.L.; MOCK, J.J.; ANDERSON, I.C. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. Crop Science, Madison, 14: 426-9, 1974.

CHINWUBA, P.M.; GROGAN, C.O.; ZUBER, M.S. Interation of detasseling, sterility and spacing of maize hybrids. Crop Science, Madison, 1: 279-80, 1961.

COMSTOCK, R.E. & ROBINSON, H.F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics, Raleigh, 4: 254-66, 1948.

CORTEZ-MENDOZA, H. & HALLAUER, A.R. Divergent mass selection for ear lenght in maize. Crop Science, Madison, 19(2): 175-8, 1979.

CRISOSTOMO, J.R. Estimaco de parâmetros genéticos visando seleo em dois compostos de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1978. 71p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CRISWELL, J.G.; HUME, D.J.; TANNER, J.W. Effect of cytoplasmic male-esterility on accumulation and translocation of ¹⁴C-labelled assimilates in corn. Crop Science, Madison, 14: 252-4, 1974.

CROSBIE, T.M. & PEARCE, R.B. Effects of recurrent phenotypic selection for high and low photosynthesis on agronomic traits in two maize population. Crop Science, Madison, 22(4): 809-13, 1982.

CROSBIE, T.M.; PEARCE, R.B.; MOCK, J.J. Recurrent phenotypic selection for high and low photosynthesis in two maize populations. Crop Science, Madison, 21: 736-40, 1981.

DUDLEY, J.W. Seventy-six generations of selection for oil and protein percentage in maize. In: INTERNATIONAL CONFERENCE QUANTITATIVE GENETICS, 1., Ames, 1977. Proceedings. Ames, Iowa State University Press, 1977. p.455-73.

DUDLEY, J.S. & LAMBERT, R.J. Genetic variability after 65 generations of selection in Illinois high oil, low oil, high protein, and low protein strains of *Zea mays* L. Crop Science, Madison, 9: 179-81, 1969.

DUDLEY, J.W.; LAMBERT, R.J.; ALEXANDER, D.E. Seventy generations of selection for oil and protein concentration in the maize kernel. In: DUDLEY, J.W., ed. Seventy Generations of Selection for Oil and Protein in Maize. Madison, Crop Science Society of America, 1974. cap. 9, p.181-212.

DUNCAN, W.G.; WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.S. Tassels and the productivity of maize. Crop Science, Madison, 7: 37-9, 1967.

DUNGAN, G.H. & WOODWORTH, C.M. Loss resulting from pulling leaves with the tassels in detasseling corn. Agronomy Journal, New York, 31: 372-5, 1939.

DUNAND, R.T.; HAGEMAN, R.H.; LAMBERT, R.J. Divergent selection for nitrate reductase activity in maize. Agronomy Abstracts, Madison, p.54, 1977.

DUVICK, D.N. Yield and other agronomic characteristics of citoplasmically pollen sterile corn hybrids, compared to their normal counterparts. Agronomy Journal, New York, 50: 121-25, 1958.

FAKOREDE, M.A. & MOCK, J.J. Changes in morphological and physiological traits associated with recurrent selection for grain yield in maize. Euphytica, Wageningen, 27: 397-409, 1978.

FALCONER, D.S. Selection: II. Results of experiments. In: FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. New York, The Ronald Press Co., 1960a. Cap. 12, p.208-24.

FALCONER, D.S. Selection: I. The response and its prediction. In: Introduction to quantitative genetics. New York, The Ronald Press Co., 1960b. cap. 11, p.186-207.

GARDNER, C.O. An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. Crop Science, Madison, 1(4): 241-5, 1961.

GERALDI, I.O.; MIRANDA FILHO, J.B. de ; VENCovsky, R. Estimates of genetic parameters for tassel characters in maize (*Zea mays* L.) and breeding perspectives. Maydica, Bergamo, 30: 1-14, 1985.

GHINI, R. & MIRANDA FILHO, J.B. de. Herdabilidade da altura da planta e da espiga no segundo ciclo de seleção da população ESALQ-PB 1 de milho. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 13: 130-7, 1979.

- GIESBRECHT, J. The inheritance of ear height in *Zea mays*. Canadian Journal of Genetic and Cytology, Quebec, 3: 26-33, 1961.
- GROGAN, C.O. Detasseling responses in corn. Agronomy Journal, New York, 48: 247-9, 1956.
- HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J.B. de. Hereditary variance: experimental estimates. In: HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J.B. de. Quantitative Genetics in Maize Breeding. 1a. ed. Ames, The Iowa State University Press, 1981. cap. 5, p.115-58.
- HARTUNG, R.C. Divergent phenotypic recurrent selection for effective filling period duration rate in maize. Dissertation Abstracts International, Ann Arbor, 45(4): 1082B-1083B, 1984.
- HARVILLE, B.G. & JOSEPHSON, L.M. Inheritance of ear height and associated characters in maize. Maydica, Bergamo, 24: 95-102, 1979.
- HARVILLE, B.G.; JOSEPHSON, L.M.; KINCER, H.C. Diallel analysis of ear height and associated characters in corn. Crop Science, Madison, 18: 273-5, 1978.
- HAYES, H.K.; IMMER, F.R.; SMITH, D.C. Plant Breeding Methods. 2^aed. New York, McGraw-Hill Book Company, 1955. 551p.
- HORNER, E.S.; LUNDY, H.W.; LUTRICK, M.C.; WALLACE, R.W. Relative effectiveness of recurrent selection for specific and for general combining ability in corn. Crop Science, Madison, 3: 63-6, 1963.

- HULL, F.H. Recurrent selection for specific combining ability in corn. Agronomy Journal, New York, 37: 134 - 45, 1945.
- HUNTER, R.B.; DAYNARD, T.B.; HUME, D.J.; TANNER, J.W.; CURTIS, J.D.; KANNENBERG, L.W. Effect of tassel removal on grain yield of corn (*Zea mays* L.). Crop Science, Madison, 9: 405-6, 1969.
- JOHNSON, R.R. & LAMBERT, R.J. Tassel trivia: Little - known facts about corn. Illinois Research, Urbana, 17(4): 5, 1975.
- JOSEPHSON, L.M. & KINCER, H.C. Effects of male-sterile cytoplasm on yields and agronomic characteristics of corn inbreds and hybrids. Crop Science, Madison, 2: 41 - 3, 1962.
- JOSEPHSON, L.M. & KINCER, H.C. Selection for lower placement in two synthetic populations of maize. Crop Science, Madison, 17: 499-502, 1977.
- KIESSELBACH, T.A. The detasseling hazard of hybrid seed corn production. Agronomy Journal, New York, 37: 806-11, 1945.
- LAMBERT, R.J. & JOHNSON, R.R. Leaf angle, tassel morphology, and the performance of maize hybrids. Crop Science, Madison, 18(3): 499-502, 1978.
- LENG, E.R. Selection reversal in strains of corn previously long term selected for chemical composition. Crop Science, Madison, 2: 167-70, 1962.

LEONARD, W.A. & KIESSELBACH, T.A. The effect of the removal of tassels on the yield of corn. Agronomy Journal, New York, 24: 514-6, 1932.

LIMA, M. & PATERNIANI, E. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em progênies de meios-irmãos de milho (*Zea mays* L.) ESALQ-VD 2 - MI - HSIII e suas implicações no melhoramento. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 11: 84-9, 1977.

MILLER, R.L.; DUDLEY, J.W.; ALEXANDER, D.E. High intensity selection for percent oil in corn. Crop Science, Madison, 21: 433-7, 1981.

MIRANDA FILHO, J.B. de. Cruzamentos dialélicos e síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.) com ênfase na produtividade e no porte da planta. Piracicaba, 1974. 116p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MIRANDA FILHO, J.B. de. Herdabilidade da altura da planta e da espiga na população ESALQ-PB 1. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 12: 116 - 21, 1978.

MIRANDA FILHO, J.B. de; PATERNIANI, E.; VENKOVSKY, R. Variação genética aditiva da altura da planta e da espiga em dois compostos de milho e sua implicação no melhoramento. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 8: 104-8, 1974.

MOCK, J.J. & PEARCE, R.B. An ideotype of maize. Euphytica, Wageningen, 24: 613-23, 1975.

MOCK, J.J. & SCHUETZ, S.H. Inheritance of tassel branch number in maize. Crop Science, Madison, 14: 885-8, 1974.

MUCHENA, S.C.; CROGAN, C.O.; VIOLIC, A.D. The effect of recurrent selection for reduction of plant and ear height on internode pattern in two tropical maize (*Zea mays* L.) populations. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, 59: 143-6, 1979.

MUÑOZ, M.B.; VALLEJO, P.R.; XAVIER, F.G. Efecto de la eliminación de órganos florales en híbridos y variedades de maíz tropical. Chapingo, 23/24: 25-34, 1980.

PATERNIANI, E. Influence of tassel size on ear placement in maize (*Zea mays* L.). Maydica, Bergamo, 26: 85-91, 1981.

PATERNIANI, E. & GERALDI, I.O. Seleção para redução do tamanho do pendão em duas variedades de milho braquiútico. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 14: 97-104, 1980.

PENNY, L.H.; RUSSEL, W.A.; SPRAGUE, G.F. Types of gene action in yield heterosis in maize. Crop Science, Madison, 2: 341-4, 1962.

POEY, F.R.; GRAJEDA, J.E.; FERNANDEZ, O.J.; SOTO, F. Effect of detasseling on maize grain yield components. Agronomy Abstracts, Madison, p.44, 1977.

PRODHAN, H.S.; DANA, S.; SARKAR, K.R. Genetic variability in two heterozigous maize populations. Indian Journal of Genetics & Plant Breeding, New Delhi, 41: 349-53, 1981.

- QUEIROZ, M.A. Correlações genéticas e fenotípicas em progê-
nies de meios-irmãos de milho (*Zea mays* L.) e suas impli-
cações no melhoramento. Piracicaba, 1969. 71p. (Mestrado
- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- REGAZZI, A.J.; SILVA, J.C.; THIÉBAUT, J.T.L.; OLIVEIRA, L.
M. de; GALVÃO, J.D. Variâncias, covariâncias e correla-
ções fenotípicas e genéticas aditivas num composto de mi-
lho (*Zea mays* L.). Revista Ceres, Viçosa, 27(149): 32-
46.
- REMINSON, S.U. & AKINLEYE, D. Relationship between lodging,
morphological characters and yield of varieties of maize
(*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Science, Cambrid-
ge, 91: 633-8, 1978.
- ROGERS, J.S. & EDWARDSON, J.R. The utilization of citoplas-
mic male-sterile inbreds in the production of corn hy-
brids. Agronomy Journal, New York, 44: 8-13, 1952.
- SANFORD, J.O.; GROGAN, C.O.; JORDAN, H.V.; SARVELLA, P. A.
Influence of male-sterility on nitrogen utilization in
corn, *Zea mays*. Agronomy Journal, New York, 57: 580 - 3,
1965.
- SCHUETZ, S.H. & MOCK, J.J. Genetics of tassel branch number
in maize and its implications for a selection program for
small tassel size. Theoretical and Applied Genetics, Ber-
lin, 53: 265-71, 1978.
- SMITH, C.S.; MOCK, J.J.; CROSBIE, T.M. Variability for mor-
phological traits associated with barrenness and grain yield
in the maize population, Iowa Upright Leaf Synthetic 1.
Crop Science, Madison, 22: 328-32, 1982.

SOUZA Jr., C.L.; GERALDI, I.O.; ZINSLY, J.R. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de alguns caracteres na população de milho (*Zea mays* L.) Suwan. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 14: 139 - 45, 1980a.

SOUZA Jr., C.L.; GERALDI, I.O.; ZINSLY, J.R. Correlações genéticas e fenotípicas entre seis caracteres da população de milho (*Zea mays* L.) Suwan. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 14: 146-52, 1980b.

SOUZA Jr.; C.L.; GERALDI, I.O.; ZINSLY, J.R. Influence of tassel size on the expression of prolificacy in maize (*Zea mays* L.). Maydica, Bergamo, 30: 321-8, 1985.

SPRAGUE, G.F. Corn breeding. In: SPRAGUE, G.F., ed. Corn and Corn Improvement. New York, Academic Press, 1955. cap. 5, p.221-92.

SUBANDI & COMPTON, W.A. Genetics studies in an exotic population of corn (*Zea mays* L.) grown under two plant densities. Theoretical and Applied Genetics, Berlin, 44: 153-59, 1974.

TORREGROZA, C.M. Ocho ciclos de seleccion masal divergente por mazorcas por planta en una variedad sintetica de maiz. Revista Facultad Nacional de Agronomia, Medellin, 29(2): 3-25, 1974.

TOSELLO, G.A. & GERALDI, I.O. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para caracteres da planta e da qualidade do grão na população de milho ESALQ-VD opaco. Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 14: 183-9, 1980.

VERA, G.A. & CRANE, P.L. Effects of selection for lower ear height in synthetic populations of maize. Crop Science, Madison, 10: 286-8, 1970.

ZINSLY, J.R. Estudo comparativo entre seleção massal e a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1969. 87p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

T A B E L A S

Tabela 1. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (acima da diagonal) e genética (abaixo da diagonal), para seis caracteres, na população ESALQ-PB 1 de milho. Adaptado de ANDRADE & MIRANDA FILHO (1980).

	AP	AE	PRE	CP	NRP	PP
AP	-	0,6763	0,0683	0,1902	0,1684	0,2197
AE	0,8401	-	0,7655	0,1129	0,2046	0,2537
PRE	0,2064	0,7139	-	-0,0086	0,1380	0,1582
CP	0,2325	0,1128	-0,1124	-	0,1236	0,3887
NRP	0,3607	0,4361	0,2767	0,2386	-	0,5097
PP	0,2615	0,3859	0,4112	0,4598	0,6063	-

AP, AE: altura da planta e da espiga; PRE = AE/AP; CP, NRP e PP: comprimento, número de ramificações e peso do pendão, respectivamente.

Tabela 2. Esquema da análise de covariância das características PE e PG com stand, realizada para cada ensaio.

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Resíduo	360	Q_1	-
Tratamento + Resíduo	379	-	-
Tratamentos (ajust.)	19	Q_2	Q_2/Q_1

Tabela 3. Esquema da análise de variância conjunta para as características PE e PG, após a correção para stand uniforme pela análise de covariância.

F.V.	G.L. *		QM	F
	PE	PG		
Blocos/Exp.	38	57	-	-
Tratamentos	18	19	Q ₁	Q ₁ /Q ₈
Subpopulações	19	18	Q ₂	Q ₂ /Q ₈
Subp. vs Test.	1	1	Q ₃	Q ₃ /Q ₈
Locais	1	2	Q ₄	Q ₄ /Q ₈
Trat. x L	19	38	Q ₅	Q ₅ /Q ₈
Subp. x L	18	36	Q ₆	Q ₆ /Q ₈
(Subp. vs Test.) x L	1	2	Q ₇	Q ₇ /Q ₈
Erro médio	720	1080	Q ₈	

* 2 locais para PE e 3 locais para PG:

Tabela 4. Esquema da análise de variância conjunta para as características AP, AE, PRE, NRP e PRO.

F.V.	G.L. *		QM	F
	3 locais	2 locais		
Blocos/Exp.	57	38	Q ₁	Q ₁ /Q ₉
Tratamentos	19	19	Q ₂	Q ₂ /Q ₉
Subpopulações	18	18	Q ₃	Q ₃ /Q ₉
Subp. vs Test.	1	1	Q ₄	Q ₄ /Q ₉
Locais	2	1	Q ₅	Q ₅ /Q ₉
Trat. x L	38	19	Q ₆	Q ₆ /Q ₉
Subp. x L	36	18	Q ₇	Q ₇ /Q ₉
(Subp. vs Test.) x L	2	1	Q ₈	Q ₈ /Q ₉
Erro médio	1083	722	Q ₉	

* 3 locais para AP, AE e PRE; 2 locais para NRP e PRO.

Tabela 5. Médias observadas e estimadas pela regressão para AP (m), em 3 locais, para a população original, a testemunha (Cargill 511), as subpopulações e respectivos cruzamentos em três ciclos de seleção divergente. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Ciclos ^a	Água Santa (Piracicaba)		Cartepillar (Piracicaba)		Birigui		Conjunta	
	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.
0	2,15	2,14	2,18	2,17	2,26	2,23	2,20	2,18
R ⁺ (I)	2,16	2,16	2,26	2,20	2,26	2,24	2,23	2,20
R ⁺ (II)	2,17	2,19	2,24	2,22	2,22	2,25	2,21	2,20
R ⁺ (III)	2,23	2,21	2,23	2,25	2,26	2,26	2,24	2,24
R ⁻ (I)	2,18	2,16	2,14	2,15	2,21	2,21	2,18	2,17
R ⁻ (II)	2,14	2,17	2,16	2,13	2,20	2,19	2,17	2,17
R ⁻ (III)	2,19	2,18	2,18	2,12	2,15	2,17	2,16	2,16
R ⁺ x R ⁻ (I)	2,19	2,16	2,19	2,17	2,27	2,23	2,22	2,19
R ⁺ x R ⁻ (II)	2,17	2,18	2,11	2,18	2,21	2,22	2,16	2,19
R ⁺ x R ⁻ (III)	2,19	2,20	2,18	2,18	2,21	2,21	2,19	2,20
E ⁺ (I)	2,14	2,18	2,15	2,21	2,22	2,26	2,17	2,22
E ⁺ (II)	2,25	2,22	2,25	2,24	2,31	2,29	2,27	2,25
E ⁺ (III)	2,27	2,26	2,28	2,28	2,33	2,32	2,29	2,29
E ⁻ (I)	2,19	2,14	2,10	2,13	2,18	2,21	2,16	2,16
E ⁻ (II)	2,15	2,14	2,12	2,09	2,21	2,18	2,16	2,14
E ⁻ (III)	2,13	2,14	2,02	2,05	2,16	2,15	2,10	2,12
E ⁺ x E ⁻ (I)	2,09	2,16	2,17	2,17	2,18	2,23	2,15	2,19
E ⁺ x E ⁻ (II)	2,16	2,18	2,15	2,17	2,20	2,23	2,17	2,19
E ⁺ x E ⁻ (III)	2,22	2,20	2,21	2,16	2,23	2,24	2,22	2,20
Testemunha	2,16	-	2,11	-	2,10	-	2,16	-

^a Para identificação vide item 3.2.2.

Tabela 6. Médias observadas e estimadas pela regressão para AE (m), em 3 locais, para a população original, a testemunha (Cargill 511), as subpopulações e respectivos cruzamentos, em 3 ciclos de seleção divergente. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Ciclos ^a	Água Santa (Piracicaba)		Caterpillar (Piracicaba)		Birigui		Conjunta	
	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.
0	1,34	1,34	1,22	1,23	1,25	1,24	1,27	1,27
R ⁺ (I)	1,40	1,37	1,31	1,26	1,29	1,27	1,33	1,30
R ⁺ (II)	1,39	1,41	1,31	1,29	1,28	1,29	1,33	1,33
R ⁺ (III)	1,44	1,44	1,30	1,32	1,32	1,32	1,36	1,36
R ⁻ (I)	1,36	1,34	1,21	1,20	1,22	1,22	1,26	1,25
R ⁻ (II)	1,33	1,33	1,23	1,18	1,25	1,21	1,27	1,24
R ⁻ (III)	1,32	1,32	1,15	1,16	1,17	1,19	1,21	1,22
R ⁺ x R ⁻ (I)	1,40	1,36	1,25	1,23	1,24	1,24	1,30	1,28
R ⁺ x R ⁻ (II)	1,38	1,37	1,20	1,24	1,24	1,25	1,27	1,28
R ⁺ x R ⁻ (III)	1,35	1,38	1,22	1,24	1,23	1,25	1,27	1,29
E ⁺ (I)	1,34	1,39	1,21	1,26	1,21	1,27	1,26	1,31
E ⁺ (II)	1,43	1,43	1,28	1,29	1,32	1,31	1,35	1,34
E ⁺ (III)	1,49	1,47	1,33	1,33	1,36	1,34	1,39	1,38
E ⁻ (I)	1,33	1,31	1,14	1,18	1,20	1,21	1,23	1,23
E ⁻ (II)	1,30	1,28	1,18	1,13	1,18	1,17	1,22	1,20
E ⁻ (III)	1,24	1,25	1,05	1,09	1,14	1,14	1,15	1,16
E ⁺ x E ⁻ (I)	1,28	1,35	1,20	1,22	1,24	1,24	1,24	1,27
E ⁺ x E ⁻ (II)	1,35	1,36	1,22	1,21	1,22	1,24	1,26	1,27
E ⁺ x E ⁻ (III)	1,38	1,36	1,25	1,21	1,24	1,24	1,29	1,27
Testemunha	1,25	-	1,06	-	1,11	-	1,14	-

^a Para identificação vide item 3.2.2.

Tabela 7. Médias observadas e estimadas pela regressão para PRE, em 3 locais, para a população original, a testemunha (Cargill 511), as subpopulações e respectivos cruzamentos em 3 ciclos de seleção divergente. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Ciclos ^a	Água Santa (Piracicaba)		Carterpillar (Piracicaba)		Birigui		Conjunta	
	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.
0	0,62	0,63	0,56	0,56	0,55	0,55	0,58	0,58
R ⁺ (I)	0,65	0,64	0,59	0,57	0,57	0,56	0,60	0,59
R ⁺ (II)	0,64	0,64	0,58	0,58	0,58	0,57	0,60	0,60
R ⁺ (III)	0,65	0,65	0,58	0,59	0,58	0,58	0,60	0,61
R ⁻ (I)	0,62	0,62	0,56	0,56	0,55	0,55	0,58	0,58
R ⁻ (II)	0,62	0,61	0,57	0,55	0,57	0,55	0,58	0,57
R ⁻ (III)	0,60	0,60	0,54	0,55	0,54	0,55	0,56	0,57
R ⁺ x R ⁻ (I)	0,64	0,63	0,57	0,57	0,54	0,56	0,58	0,58
R ⁺ x R ⁻ (II)	0,63	0,63	0,57	0,57	0,56	0,56	0,59	0,58
R ⁺ x R ⁻ (III)	0,62	0,63	0,56	0,57	0,56	0,56	0,58	0,59
E ⁺ (I)	0,63	0,63	0,56	0,57	0,54	0,56	0,58	0,59
E ⁺ (II)	0,64	0,64	0,57	0,58	0,57	0,57	0,59	0,60
E ⁺ (III)	0,66	0,65	0,58	0,58	0,58	0,58	0,61	0,60
E ⁻ (I)	0,61	0,61	0,54	0,53	0,55	0,55	0,57	0,57
E ⁻ (II)	0,61	0,60	0,56	0,54	0,53	0,54	0,57	0,56
E ⁻ (III)	0,58	0,58	0,52	0,53	0,53	0,53	0,54	0,55
E ⁺ x E ⁻ (I)	0,61	0,62	0,55	0,56	0,56	0,55	0,58	0,58
E ⁺ x E ⁻ (II)	0,62	0,62	0,57	0,56	0,55	0,55	0,58	0,58
E ⁺ x E ⁻ (III)	0,61	0,62	0,56	0,56	0,55	0,55	0,58	0,57
Testemunha	0,58	-	0,50	-	0,53	-	0,54	-

^a Para identificação vide item 3.2.2.

Tabela 8. Médias observadas e estimadas pela regressão para NRP, em 2 locais, para a população original, a testemunha (Cargill 511), as subpopulações e respectivos cruzamentos, em 3 ciclos de seleção divergente. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Ciclos ^a	Água Santa (Piracicaba)		Cartepillar (Piracicaba)		Conjunta	
	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.
0	24,4	20,2	23,3	22,3	23,9	23,2
R ⁺ (I)	28,5	27,8	21,1	25,5	26,8	26,6
R ⁺ (II)	30,3	31,4	27,5	28,6	28,9	30,0
R ⁺ (III)	36,4	35,1	32,9	31,8	34,7	33,4
R ⁻ (I)	22,3	22,1	20,2	20,5	21,3	21,3
R ⁻ (II)	20,2	20,1	19,0	18,7	19,6	19,4
R ⁻ (III)	18,7	18,0	17,2	17,0	17,9	17,5
R ⁺ xR ⁻ (I)	24,7	25,0	23,2	23,0	24,0	24,0
R ⁺ xR ⁻ (II)	24,8	25,7	22,7	23,7	23,7	24,7
R ⁺ xR ⁻ (III)	25,6	26,5	24,4	24,4	25,0	25,5
E ⁺ (I)	28,0	25,3	24,8	22,8	26,4	24,1
E ⁺ (II)	25,2	26,5	22,6	23,2	23,9	24,9
E ⁺ (III)	27,6	27,6	23,1	23,7	25,4	25,7
E ⁻ (I)	21,7	23,5	19,6	21,5	20,6	22,5
E ⁻ (II)	22,7	22,8	20,1	20,7	21,4	21,8
E ⁻ (III)	22,8	22,1	20,7	20,0	21,7	21,0
E ⁺ xE ⁻ (I)	24,4	24,4	22,4	22,1	23,4	23,3
E ⁺ xE ⁻ (II)	24,5	24,6	22,2	22,0	23,4	23,3
E ⁺ xE ⁻ (III)	24,8	24,8	22,2	21,8	23,5	23,3
Testemunha	23,6	-	21,6	-	22,6	-

^a Para identificação vide item 3.2.2.

Tabela 9. Médias observadas e estimadas pela regressão para PRO, em 2 locais, para a população original, a testemunha (Cargill 511), as subpopulações e respectivos cruzamentos, em 3 ciclos de seleção divergente. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Ciclos ^a	Água Santa (Piracicaba)		Caterpillar (Piracicaba)		Conjunta	
	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.
0	0,85	0,90	0,98	1,04	0,92	0,97
R ⁺ (I)	0,94	0,88	1,05	1,03	0,99	0,95
R ⁺ (II)	0,87	0,86	1,02	1,02	0,95	0,94
R ⁺ (III)	0,80	0,84	0,99	1,00	0,89	0,92
R ⁻ (I)	0,87	0,91	1,06	1,05	0,97	0,98
R ⁻ (II)	0,91	0,92	1,05	1,05	0,98	0,99
R ⁻ (III)	0,94	0,93	1,06	1,06	1,00	0,99
R ⁺ x R ⁻ (I)	0,92	0,89	1,10	1,04	1,01	0,97
R ⁺ x R ⁻ (II)	0,89	0,89	1,02	1,04	0,95	0,96
R ⁺ x R ⁻ (III)	0,89	0,88	1,03	1,03	0,96	0,96
E ⁺ (I)	0,95	0,91	1,02	1,04	0,98	0,97
E ⁺ (II)	0,91	0,92	1,01	1,04	0,96	0,98
E ⁺ (III)	0,92	0,92	1,05	1,04	0,99	0,98
E ⁻ (I)	0,90	0,91	1,03	1,03	0,97	0,97
E ⁻ (II)	0,91	0,91	1,04	1,02	0,98	0,97
E ⁻ (III)	0,94	0,92	1,00	1,02	0,97	0,97
E ⁺ x E ⁻ (I)	0,89	0,91	1,04	1,04	0,96	0,97
E ⁺ x E ⁻ (II)	0,95	0,92	1,04	1,03	1,00	0,97
E ⁺ x E ⁻ (III)	0,89	0,92	1,03	1,03	0,96	0,97
Testemunha	0,90	-	0,98	-	0,94	-

^a Para identificação vide item 3.2.2.

Tabela 10. Médias observadas e estimadas pela regressão para PE (t/ha), em e locais, para a população original, a testemunha (Cargill 511), as subpopulações e respectivos cruzamentos, em 3 ciclos de seleção divergente. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Ciclos ^a	Água Santa (Piracicaba)		Cartepillar (Piracicaba)		Conjunta	
	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.
0	4,491	4,700	5,715	5,759	5,103	5,230
R ⁺ (I)	4,409	4,444	5,824	5,732	5,137	5,088
R ⁺ (II)	4,292	4,187	5,648	5,705	4,970	4,946
R ⁺ (III)	3,743	3,931	5,795	5,678	4,769	4,804
R ⁻ (I)	4,549	4,779	5,731	5,808	5,140	5,294
R ⁻ (II)	4,735	4,857	5,948	5,857	5,342	5,358
R ⁻ (III)	4,977	4,935	5,982	5,907	5,480	5,421
R ⁺ x R ⁻ (I)	4,712	4,611	6,098	5,770	5,405	5,191
R ⁺ x R ⁻ (II)	4,529	4,522	5,587	5,681	5,058	5,152
R ⁺ x R ⁻ (III)	4,627	4,433	5,592	5,792	5,110	5,113
E ⁺ (I)	4,831	4,791	5,537	5,823	5,184	5,307
E ⁺ (II)	4,894	4,883	4,724	5,887	5,309	5,385
E ⁺ (III)	4,998	4,974	6,094	5,951	5,546	5,463
E ⁻ (I)	5,059	4,810	5,701	5,782	5,380	5,296
E ⁻ (II)	5,118	4,919	6,201	5,805	5,660	5,362
E ⁻ (III)	4,857	5,028	5,530	5,828	5,194	5,429
E ⁺ x E ⁻ (I)	4,797	4,801	5,936	5,802	5,367	5,302
E ⁺ x E ⁻ (II)	5,004	4,901	5,687	5,846	5,346	5,374
E ⁺ x E ⁻ (III)	4,845	5,001	6,072	5,889	5,459	5,446
Testemunha	5,551	-	6,650	-	6,101	-

^a Para identificação vide item 3.2.2.

Tabela 11. Médias observadas e estimadas pela regressão para PG (t/ha), em 3 locais, para a população original, a testemunha (Cargill 511), as subpopulações e respectivos cruzamentos, em 3 ciclos de seleção divergente. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Ciclos ^a	Água Santa (Piracicaba)		Caterpillar (Piracicaba)		Birigui		Conjunta	
	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.	obs.	est.
0	3,621	3,713	4,634	4,616	4,152	3,948	4,134	4,092
R ⁺ (I)	3,399	3,511	4,672	4,619	3,932	3,904	4,001	4,011
R ⁺ (II)	3,412	3,308	5,585	4,622	3,773	3,859	3,923	3,930
R ⁺ (III)	2,962	3,106	4,730	4,625	3,814	3,815	3,835	3,848
R ⁻ (I)	3,627	3,806	4,611	4,686	3,672	3,989	3,970	4,160
R ⁻ (II)	3,797	3,900	4,852	4,755	4,251	4,030	4,300	4,228
R ⁻ (III)	4,009	3,993	4,883	4,825	3,980	4,071	4,291	4,296
R ⁺ x R ⁻ (I)	3,756	3,658	4,934	4,652	3,944	3,946	4,211	4,085
R ⁺ x R ⁻ (II)	3,611	3,604	4,532	4,689	3,912	3,944	4,018	4,079
R ⁺ x R ⁻ (III)	3,737	3,550	4,539	4,725	4,063	3,943	4,113	4,072
E ⁺ (I)	3,814	3,804	4,429	4,695	3,957	4,039	4,067	4,179
E ⁺ (II)	3,904	3,896	4,625	4,774	4,116	4,131	4,215	4,267
E ⁺ (III)	4,024	3,987	4,997	4,853	4,195	4,222	4,405	4,354
E ⁻ (I)	4,054	3,839	4,615	4,666	3,780	3,906	4,150	4,137
E ⁻ (II)	4,086	3,964	5,069	4,716	3,874	3,864	4,343	4,182
E ⁻ (III)	3,983	4,091	4,503	4,766	3,794	3,823	4,093	4,226
E ⁺ x E ⁻ (I)	3,820	3,822	4,733	4,681	4,194	3,973	4,249	4,158
E ⁺ x E ⁻ (II)	4,009	3,930	4,595	4,745	3,843	3,998	4,149	4,224
E ⁺ x E ⁻ (III)	3,897	4,039	4,982	4,810	4,181	4,023	4,353	4,290
Testemunha	4,597	-	5,532	-	3,373	-	4,501	-

^a Para identificação vide item 3.2.2.

Tabela 12. Análise de variância conjunta para AP, AE, PRE, NRP, PRO, PE e PG. Blocos ao acaso, 20 repetições por local, 1984/85.

Fontes de Variação	G.L. ^a	Quadrados Médios				G.L. ^b	Quadrados Médios		
		AP	AE	PRE	PG		NRP	PRO	PE
Blocos/Exp.	57	0,1774**	0,1331**	0,0058**	- - -	38	25,7327**	0,0444**	- - -
Tratamentos	19	0,1294**	0,2457**	0,0209**	2,0486**	19	514,5456**	0,0304**	3,1897**
Subpopulações	18	0,1222**	0,2013**	0,0157**	1,4596**	18	539,1867**	0,0306**	1,8783**
Subp. vs Test.	1	0,2606**	1,0441**	0,1159**	12,6497**	1	71,0076**	0,0265	26,7960**
Locais	2	0,3122**	2,2234**	0,5450**	103,3902**	1	1075,3202**	3,3349**	241,8681**
Trat. x L	38	0,0222*	0,0096	0,0011	1,0561**	19	7,5169	0,0125	1,0554
Subp. x L	36	0,0200	0,0094	0,0009	0,7146*	18	7,8841	0,0116	1,1140*
(Subp. vs Test.) x L	2	0,0620*	0,0147	0,0047**	7,2030**	1	0,9082	0,0286	0,0000
Erro médio ^c	1083 (1080)	0,0147	0,0107	0,0009	0,4690	722 (720)	5,7868	0,0153	0,6723
Média		5,19m	1,27m	0,579	4,172t/ha		23,91	0,967	5,303t/ha
C.V. (%)		5,53	8,16	5,25	16,40		10,06	12,80	15,50

^a Graus de liberdade para AP, AE, PRE e PG; ^b Graus de liberdade para NRP, PRO e PE; ^c 1080 graus de liberdade para PG e 720 para PE; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 13. Estimativas dos parâmetros do modelo linear para AP (m), AE (m), PRE, NRP, PRO, PE (t/ha) e PG (t/ha), para 3 locais e conjuntamente. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Parâmetros ^a	Características						
	AP	AE	PRE	NRP	PRO	PE	PG
Água Santa (Piracicaba)							
m	2,141	1,344	0,628	24,204	0,901	4,700	3,713
b ₁	0,023	0,031	0,007	3,623	-0,021	-0,256	-0,202
b ₂	0,015	-0,008	-0,008	-2,069	0,009	0,078	0,093
b ₃	0,041	0,042	0,007	1,146	0,008	0,091	0,092
b ₄	0,001	-0,030	-0,015	-0,709	0,007	0,109	0,126
Caterpillar (Piracicaba)							
m	2,172	1,226	0,565	22,304	1,040	5,759	4,616
b ₁	0,025	0,031	0,007	3,166	-0,012	-0,027	0,003
b ₂	-0,018	-0,021	-0,006	-1,776	0,007	0,049	0,069
b ₃	0,036	0,034	0,006	0,469	-0,001	0,064	0,079
b ₄	-0,040	-0,045	-0,012	-0,780	-0,007	0,023	0,050
Birigui							
m	2,233	1,240	0,555	-	-	-	3,948
b ₁	0,008	0,026	0,009	-	-	-	-0,044
b ₂	-0,021	-0,017	-0,002	-	-	-	0,041
b ₃	0,028	0,035	0,008	-	-	-	0,091
b ₄	-0,026	-0,033	-0,008	-	-	-	-0,042
Conjunta							
m	2,182	1,270	0,582	23,254	0,971	5,230	4,092
b ₁	0,019	0,029	0,008	3,394	-0,016	-0,142	-0,081
b ₂	-0,008	-0,016	-0,005	-1,922	0,008	0,064	0,068
b ₃	0,035	0,037	0,007	0,807	0,003	0,078	0,087
b ₄	-0,022	-0,036	-0,011	-0,744	0,000	0,066	0,045

^a Para identificação vide item 3.2.3.

Tabela 14. Valores dos quadrados médios e respectivas significâncias, para subpopulações (ao nível de médias), desvios do modelo, efeitos dos parâmetros do modelo e simetria dos parâmetros divergentes, para 7 características em dois ensaios realizados em Piracicaba-SP. Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Fontes de Variação	G.L.	Características ($\times 10^{-2}$)						
		AP	AE	PRE	NRP	PRO	PE	PG
Água Santa, Piracicaba-SP								
Subpopulações	18	0,1798**	0,3379**	0,0344**	1553,14**	0,1352	10,6495**	7,9509**
Desvios do modelo	14	0,1038	0,0881**	0,0071**	130,27**	0,1013	2,6833	1,7179
b ₁ = 0	1	0,4819**	0,8733**	0,0503**	11829,90**	0,4050*	59,2775**	36,8558**
b ₂ = 0	1	0,1975	0,0534	0,0571**	3857,69**	0,0687	5,5400	7,8619*
b ₃ = 0	1	1,4857**	1,5640**	0,0393**	1183,34**	0,0547	7,5236	7,5523*
b ₄ = 0	1	0,0006	0,8143**	0,1925**	453,27**	0,0433	10,7942*	14,2854**
b ₁ + b ₂ = 0 ^a	1	0,4771**	0,1883*	0,0001	802,48**	0,0517	10,5345*	3,9369
b ₃ + b ₄ = 0 ^b	1	0,5699**	0,0447	0,0213*	63,36	0,0720	13,3179*	15,7096**
Erro médio ^c	361(360)	0,0653	0,0361	0,0033	29,27	0,0842	2,7140	1,8556
Caterpillar, Piracicaba-SP								
Subpopulações	18	0,4071**	0,4621**	0,0285**	1182,99**	0,0758	4,3119	3,5069
Desvios do modelo	14	0,1391*	0,1269**	0,0101**	105,17**	0,0760	4,9283	3,8384
b ₁ = 0	1	0,5646**	0,8615**	0,0510**	9034,20**	0,1222	0,6642	0,0076
b ₂ = 0	1	0,2957*	0,3845**	0,0307**	2842,08**	0,0460	2,1763	4,3508
b ₃ = 0	1	1,1535**	1,0440**	0,0310**	198,14**	0,0022	3,6775	5,6389
b ₄ = 0	1	1,4383**	1,8689**	0,1253	548,42**	0,0504	0,4717	2,2492
b ₁ + b ₂ = 0	1	0,0159	0,0350	0,0009	642,22**	0,0939	0,1607	1,7411
b ₃ + b ₄ = 0	1	0,0058	0,0440*	0,0113	32,17	0,0271	2,5008	5,5340
Erro médio	361(360)	0,0704	0,0510	0,0027	28,60	0,0688	4,0093	2,7956

^a $b_1 + b_2 = 0$ - testa a simetria dos efeitos para aumentar e diminuir o NRP; ^b $b_3 + b_4$ - testa a simetria dos efeitos para aumentar e diminuir a AE; ^c 360 graus de liberdade para PE e PG em cada local.

Tabela 15. Valores dos quadrados médios e respectivas significâncias, para subpopulações (ao nível de médias), desvios do modelo, efeitos dos parâmetros do modelo e simetria dos parâmetros divergentes, para 4 características em um ensaio realizado em Birigui-SP e para 7 características consideradas conjuntamente (dois ensaios em Piracicaba-SP e 1 em Birigui-SP). Blocos ao acaso, 20 repetições, 1984/85.

Fontes de Variação	G.L.	Características (x 10 ⁻²)						
		AP	AE	PRE	NRP	PRO	PE	PG
Birigui								
Subpopulações	18	0,2229*	0,2995**	0,0239**	-	-	-	2,9861
Desvios do modelo	14	0,0867	0,0643	0,0087	-	-	-	2,4680
b ₁ = 0	1	0,0644	0,5970**	0,0737**	-	-	-	1,7684
b ₂ = 0	1	0,4048*	0,2533	0,0051	-	-	-	1,5144
b ₃ = 0	1	0,7023**	1,0875**	0,0531**	-	-	-	7,5442
b ₄ = 0	1	0,6268**	0,9675**	0,0658**	-	-	-	1,5637
b ₁ + b ₂ = 0	1	0,0540	0,0268	0,0147	-	-	-	0,0036
b ₃ + b ₄ = 0	1	0,0008	0,0013	0,0003	-	-	-	0,8253
Erro médio	361(360)	0,0846	0,0739	0,0071	-	-	-	2,3837
Conjunta								
Subpopulações	18	0,2033**	0,3358**	0,0261**	1348,26**	0,0763**	4,6998**	2,4339**
Desvios do modelo	14	0,0612**	0,0592**	0,0053**	108,48**	0,0626	2,0438	1,0307
b ₁ = 0	1	0,3151**	0,7706**	0,0605**	10385,40**	0,2458*	18,1202**	5,9414**
b ₂ = 0	1	0,0610	0,2021**	0,0254**	3330,80**	0,0575	3,6828	4,1878*
b ₃ = 0	1	1,0785**	1,2316**	0,0423**	587,40**	0,0084	5,4325	6,8965**
b ₄ = 0	1	0,4354**	1,1702**	0,1208**	499,63**	0,0001	3,9679	1,8115
b ₁ + b ₂ = 0 ^a	1	0,0364	0,0676	0,0028	720,11**	0,0242	2,0148	0,0564
b ₃ + b ₄ = 0 ^b	1	0,0528	0,0003	0,0074*	1,31	0,0025	6,8890*	5,8166**
Erro médio ^c	d	0,0245	0,0179	0,0015	14,47	0,0383	1,6807	0,7816

^a $b_1 + b_2 = 0$ - testa a simetria dos efeitos para aumentar e diminuir o NRP; ^b $b_3 + b_4 = 0$ - testa a simetria dos efeitos para aumentar e diminuir a AE; ^c 1083 graus de liberdade para AP, AE e PRE, 722 para NRP e PRO, 720 para PE e 1080 para PG.

Tabela 16. Ganhos e/ou respostas correlacionadas à seleção (totais e médias/ciclo) para 7 características, após três ciclos de seleção divergente. Estimativas com base nas médias estimadas pelo modelo considerado. Blocos ao acaso, três locais, 20 repetições/local, 1984/85.

		R ⁺		R ⁻		E ⁺		E ⁻	
		total	média	total	média	total	média	total	média
AP	(m)	0,056	0,019**	-0,025	-0,008	0,104	0,035**	-0,066	-0,022**
	(%)	2,57	0,86	-1,13	-0,38	4,76	1,59	-3,02	-1,01
AE	(m)	0,088	0,029**	-0,045	-0,015**	0,111	0,037**	-0,108	-0,036**
	(%)	6,91	2,30	-3,53	-1,18	8,73	2,91	-8,51	-2,84
PRE	(unidades)	0,024	0,008**	-0,016	-0,005**	0,021	0,007**	-0,035	-0,012**
	(%)	4,12	1,37	-2,75	-0,92	3,61	1,20	-6,01	-2,00
NRP	(unidades)	10,18	3,39**	-5,77	-1,92**	2,42	0,81**	-2,23	-0,74**
	(%)	43,79	14,60	-24,80	-8,27	10,42	3,47	-9,61	-3,20
PRO	(unidades)	-0,049	-0,016*	0,024	0,008	0,009	0,003	-0,001	-0,0003
	(%)	-5,05	-1,68	2,47	0,82	0,93	0,31	-0,10	-0,03
PE	(t/ha)	-0,425	-0,142**	0,192	0,064	0,233	0,078	0,199	0,066
	(%)	-8,13	-2,67	3,67	1,22	4,45	1,48	3,80	1,27
PG	(t/ha)	-0,244	-0,081**	0,204	0,068*	0,262	0,087**	0,134	0,045
	(%)	-5,96	-1,99	4,98	1,66	6,40	2,13	3,27	1,09

FIGURAS

Figura 1. Altura de plantas em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Água Santa-Piracicaba - SP, 1984/85.

Figura 2. Altura de plantas em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Caterpillar-Piracicaba, SP, 1984/85.

Figura 3. Altura de plantas em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Birigui - SP, 1984/85.

Figura 4. Altura de plantas em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias conjuntas para três locais (60 repetições), 1984/85.

Figura 5. Altura de espigas em três ciclos de seleção divergente para esta característica e para NRP na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Água Santa-Piracicaba - SP, 1984/85.

Figura 6. Altura de espigas em três ciclos de seleção divergente para esta característica e NRP na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Catapillar-Piracicaba - SP, 1984/85.

Figura 7. Altura de espigas em três ciclos de seleção divergente para esta característica e para NRP na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Birigui - SP, 1984/85.

Figura 8. Altura de espigas em três ciclos de seleção divergente para esta característica e para NRP na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias conjuntas para três locais (60 repetições), 1984/85.

Figura 9. Posição relativa da espiga em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Água Santa - Piracicaba-SP, 1984/85.

Figura 10. Posição relativa da espiga em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Caterpillar- Piracicaba-SP, 1984/85.

Figura 11. Posição relativa da espiga em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições - Birigui-SP, 1984/85.

Figura 12. Posição relativa da espiga em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ - PB 1 de milho. Médias conjuntas para três locais (60 repetições), 1984/85.

Figura 13. Número de ramificações do pendão em três ciclos de seleção divergente para esta característica e para AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Água Santa - Piracicaba - SP, 1984/85.

Figura 14. Número de ramificações do pendão em três ciclos de seleção divergente para esta característica e para AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições. Caterpillar - Piracicaba - SP, 1984/85.

Figura 15. Número de ramificações do pendão em três ciclos de seleção divergente para esta característica e para AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias conjuntas para dois locais (40 repetições) 1984/85.

Figura 16. Prolificidade em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Água Santa - Piracicaba-SP, 1984/85.

Figura 17. Prolificidade em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Caterpillar-Piracicaba-SP, 1984/85.

Figura 18. Prolificidade em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias conjuntas para dois locais (40 repetições), 1984/85.

Figura 19. Produção de espigas em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições. Água Santa -Piracicaba-SP, 1984/85.

Figura 20. Produção de espigas em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições. Caterpillar-Piracicaba-SP, 1984/85.

Figura 21. Produção de espigas em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias conjuntas para dois locais (40 repetições), 1984/85.

Figura 22. Produção de grãos em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Água Santa - Piracicaba-SP, 1984/85.

Figura 23. Produção de grãos em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições. Caterpillar-Piracicaba-SP, 1984/85.

Figura 24. Produção de grãos em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias de 20 repetições, Birigui-SP, 1984/85.

Figura 25. Produção de grãos em três ciclos de seleção divergente para NRP e AE na população ESALQ-PB 1 de milho. Médias conjuntas para três locais (60 repetições), 1984/85.