

ALTERAÇÕES NOS CARACTERES DE PESO, VOLUME E DENSIDADE DOS  
GRÃOS DE MILHO (*Zea mays* L.) PROVOCADAS PELA SELEÇÃO  
SEGUNDO O TAMANHO DO EMBRIÃO\*

Luiz Alberto Rocha Batista \*\*  
Geraldo Antonio Tosello \*\*\*

*RESUMO*

Nos métodos de seleção comumente empregados para elevar o conteúdo de óleo nos grãos de milho se verifica alterações morfológicas, principalmente a redução de seu peso, devido ao balanço energético fisiológico entre o óleo e o carboidrato presentes nos grãos. O presente trabalho teve por finalidade avaliar as alterações em peso, volume e densidade dos grãos provocado pelo emprego do método de seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade e dentro das famílias seleção visual para embrião grande, visando a obtenção de germoplasmas com alta produtividade de grãos e elevado conteúdo em óleo nos

---

\* Parte da dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP, Piracicaba. Entregue para publicação em 27/04/87.

\*\* EMBRAPA - UEPAE de São Carlos - CEP 13.560.

\*\*\* Departamento de Genética - ESALQ/USP - C.P. 83,  
CEP 13.400 - Piracicaba, SP.

seus grãos. Para tanto, foi usado se-  
mentos S<sub>1</sub> da população Alto Óleo onde  
foi feito seleção entre e dentro de fa-  
mílias para produtividade e tamanho do  
embrião, respectivamente; e a popula-  
ção Original, onde somente foi realiza-  
do seleção entre e dentro de famílias  
para produtividade. O tipo de seleção  
empregada não provocou redução nos ca-  
racteres de peso e volume de 100 grãos,  
e sim, uma tendência para aumentar es-  
tas características na população Alto  
Óleo em relação à população Original. Pa-  
ra o caráter densidade dos grãos, embo-  
ra estatisticamente não significativo,  
houve uma redução. Esta redução foi de-  
vido que o método seletivo usado na po-  
pulação Alto Óleo foi mais eficiente pa-  
ra o aumento do volume dos grãos do que  
para o peso desses.

## INTRODUÇÃO

Vários métodos de seleção tem sido empregados visan-  
do a obtenção de cultivares de milho com elevado conteú-  
do de óleo em seus grãos. O primeiro trabalho objetivan-  
do esta característica foi realizado por C.G. Hopkins,  
iniciado em 1896, Illinois - USA. Para tanto foi utili-  
zado o método de seleção espiga por fileira idealizado  
por ele próprio. Esses trabalhos continuam sendo condu-  
zidos, constituindo assim o único exemplo em plantas, de  
seleção para um caráter quantitativo conduzido por mais  
de setenta gerações com dados bem relatados (DUDLEY et  
alii, 1974). Os resultados de 50 gerações de seleção pa-  
ra conteúdo de óleo em milho, foram relatados por WOOD-  
WORTH et alii (1952) onde salienta que a seleção para al-  
to teor produziu aumentos regulares chegando a cerca de  
15%. A seleção para baixo teor chegou a 1% de óleo nos

grãos, sendo de se notar que depois de 25 a 30 gerações não se conseguiu reduzir substancialmente o teor de óleo. Isso certamente se deve ao fato de que o teor de óleo está bastante relacionado com o tamanho do embrião, como demonstra LENG (1967). Seguramente há limites fisiológicos, abaixo do qual o embrião não é viável. LENG (1961) refere-se que os ganhos obtidos nas gerações avançadas são concentrados em duas características morfológicas distintas: tamanho do embrião para seleção com alto teor e conteúdo de óleo no germe para baixo teor em óleo.

WOODWORTH *et alii* (1952) apresentam alterações nas características morfológicas provocada pela seleção para alto e baixo teor de óleo nos grãos de milho. As populações Alto Óleo apresentou espigas relativamente pequenas com sementes também pequenas, porém, com embrião bastante grande. A produtividade destas populações foram de aproximadamente 50% inferior aos híbridos locais. O sistema de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos foi avaliado por MIRANDA *et alii* (1976) onde mostraram que o método foi eficiente para elevar a produtividade de grãos e de óleo em milho.

O presente trabalho teve por objetivo verificar as alterações nas características de peso, volume e densidade dos grãos que a seleção visual para embrião grande em pregada para elevar o seu conteúdo de óleo possa ter provocado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se no presente trabalho, duas populações contrastantes para o caráter porcentagem de óleo: Original com 5,38% e Alto Óleo com 5,77% em óleo nos grãos (Tabela 1). Ambas provenientes do Composto ESALQ-VD-2. Composto este, sintetizado no Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba, São Paulo, a partir de populações de milho da raça

Tuxpeño obtidos do CIMMYT, além de populações desenvolvidas em programas locais (PATERNIANI, 1968 e PATERNIANI *et alii*, 1977).

Tabela 1. Média ( $\bar{x}$ ) e coeficiente de variação entre espigas ( $CV_{Ee}$ ) para os caracteres % óleo, peso e volume de 100 grãos e densidade dos grãos de milho das populações Original e Alto Óleo.

Caracteres	Populações			
	Original		Alto Óleo	
	$\bar{x}$	$CV_{Ee}$	$\bar{x}$	$CV_{Ee}$
% óleo	5,3811	7,85	5,7677	7,76
Peso 100 grãos (g)	36,5446	16,20	36,9628	16,70
Vol. 100 grãos (ml)	28,5417	16,50	28,9767	17,90
Densidade (g/ml)	1,2818	3,90	1,2785	2,70

A população Original foi obtida através de três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, com sementes remanescentes, segundo LIMA (1977). Obteve-se a população Alto Óleo após cinco ciclos de seleção entre famílias de meios irmãos para produtividade e seleção visual para embrião grande dentro das famílias, sem semente remanescente (PATERNIANI, 1979)<sup>1</sup>.

Durante o ano agrícola de 1978/79 amostras destas populações foram plantadas e suas espigas autofecundadas para evitar possíveis efeitos de fontes polinizadoras. Os grãos obtidos dessas espigas foram armazenados em câmaras

<sup>1</sup>PATERNIANI, 1979. Comunicação pessoal.

ra seca para uniformização de sua umidade, a qual ocorreu ao redor de 12%. Após esta uniformização foram selecionados 100 grãos representativos da parte central da espiga, obtendo desta amostra os seguintes caracteres: peso e volume de 100 grãos e densidade dos grãos. Para determinação do volume dos grãos utilizou-se o método da diferença de volume medido pelo deslocamento da coluna de etanol em mililitros. O caráter densidade dos grãos foi obtido através da relação entre o peso e volume dos 100 grãos. Pelo fato de ser tomado somente uma determinação destes caracteres, por espigas, o coeficiente de variação entre espigas foi composto, segundo a expressão:

$$C.V.\% = ((SQ_x/n-1)^{1/2}/\bar{x}) \cdot 100 = ((\sigma_D^2/n + \sigma_E^2)/n-1)^{1/2}/\bar{x}) \cdot 100$$

onde:  $n$  = número de observações;  $SQ_x$  = soma dos quadrados dos valores observados;  $\sigma_D^2$  = esperança matemática da variância dentro de espigas e,  $\sigma_E^2$  = esperança matemática da variância entre espigas.

As alterações, nos caracteres analisados, entre as populações Original e Alto Óleo, foram obtidas pelo contraste entre as médias dos caracteres nas duas populações. Sua significância foi avaliada pelo teste "t", segundo as expressões:

$$\hat{y} = \hat{m}_2 - \hat{m}_1; \quad \hat{t} = \hat{y}/(s^2(1/n_1 + 1/n_2))^{1/2}$$

$$s^2 = (SQ_1 + SQ_2)/((n_1 + n_2) - 2)$$

onde:  $\hat{y}$  = estimativa do contraste entre as médias das populações para uma dada característica;  $\hat{m}_1$  = estimativa média da característica estudada na população Original;  $\hat{m}_2$  = estimativa média da característica estudada na população Alto Óleo;  $SQ_1$  = soma dos quadrados para a característica estudada na população Original;  $SQ_2$  = soma dos quadrados para característica estudada na população Alto Óleo e,  $s^2$  =

estimativa da variância média das populações estudadas para a característica envolvida pelo contraste.

A estimativa destes contrastes ( $\hat{y}$ ) foram transformadas em porcentagem, tomando-se como índice 100 a estimativa média da característica envolvida na população Original.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as médias e os coeficientes de variação entre espigas para os caracteres de peso e volume de 100 grãos e densidade dos grãos nas populações Original e Alto Óleo. O caráter % óleo foi acrescentado à tabela como informação adicional, identificando os valores de cada população (BATISTA, 1980).

As alterações verificadas, por ciclo de seleção e total em porcentagem relativa a população Original estão contidas na Tabela 2. Os resultados apresentados mostram que a seleção visual para embrião grande aplicado dentro de famílias de meios irmãos não proporcionou alterações significativas para os caracteres estudados. Contudo, detectou-se uma tendência de elevação para peso e volume de 100 grãos de 1,14% e 1,52% respectivamente e ainda uma redução na densidade de 0,26%. Estas alterações referem-se à população Alto Óleo em relação a população Original. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, a distribuição das frequências relativas às características de peso, volume e densidade dos grãos, em ambas populações estudadas.

Embora estas alterações obtidas, não tenham sido estatisticamente significativas, nos mostram que o método seletivo aplicado proporcionou uma tendência em elevar o peso e volume, e de reduzir a densidade dos grãos. Es-

Tabela 2. Alterações provocadas pela seleção ( $\Delta G$ ) dentro de famílias de meios irmãos, visualmente, para embrião grande nos caracteres de peso, e densidade dos grãos na população Alto Óleo em relação porcentual à população original.

Caracteres	$\Delta G$ /ciclo %	$\Delta G$ (total (5 ciclos) %
Peso de 100 grãos	0,23	1,14 ns
Volume de 100 grãos	0,30	1,52 ns
Densidade dos grãos	-0,05	-0,26 ns

ns: não significativo pelo teste "t".

tes resultados indicam a possibilidade de elevar o conteúdo de óleo no milho sem afetar negativamente o peso e volume dos grãos, em relação à população Original. Estudos sobre tais aspectos, foram relatados por ALEXANDER (1962, *apud* ELROUBY e PENNY, 1967), o qual verificou a possibilidade de se obter genótipos com alta produtividade de de grãos e alto conteúdo em óleo, tendo como base os limites fisiológicos. A tendência do acréscimo no volume dos grãos é explicado pelo fato de que a seleção dentro das famílias de meios irmãos procurou atuar sobre o aumento do embrião e, grãos que possuem embriões grandes tendem a ter maior volume. A relação porcentual entre o tamanho do grão e do embrião é dado por LENG (1967) onde o autor mostrou que a porcentagem do embrião no grão varia de 24 a 25% e que o embrião contém cerca de 88 a 94% do total de óleo contido no grão, e ainda que a porcentagem de óleo no embrião varia de 51,5 a 53,7%. Mostrando estreita relação entre a porcentagem de óleo com o tamanho do embrião no grão de milho.

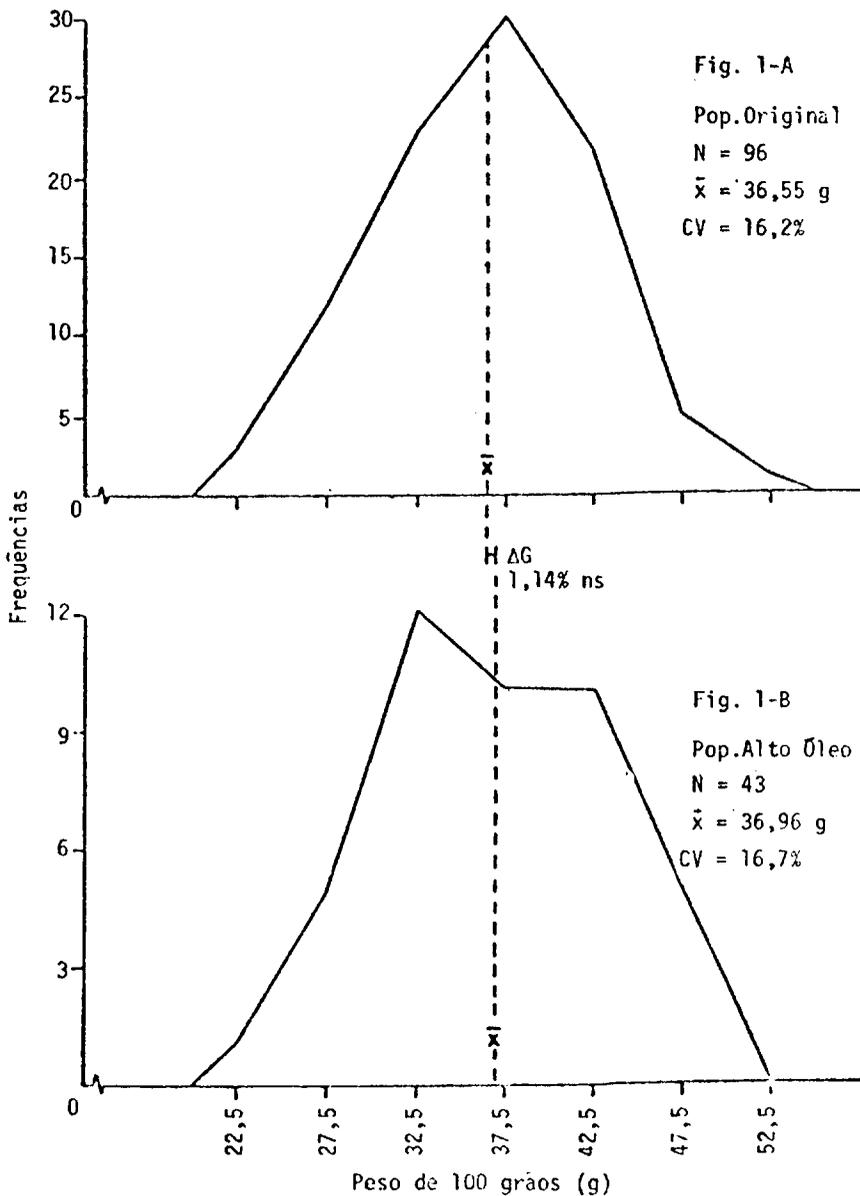


Figura 1. Distribuição das frequências relativas ao peso de 100 grãos das sementes  $S_1$  do composto ESALQ-VD-2.

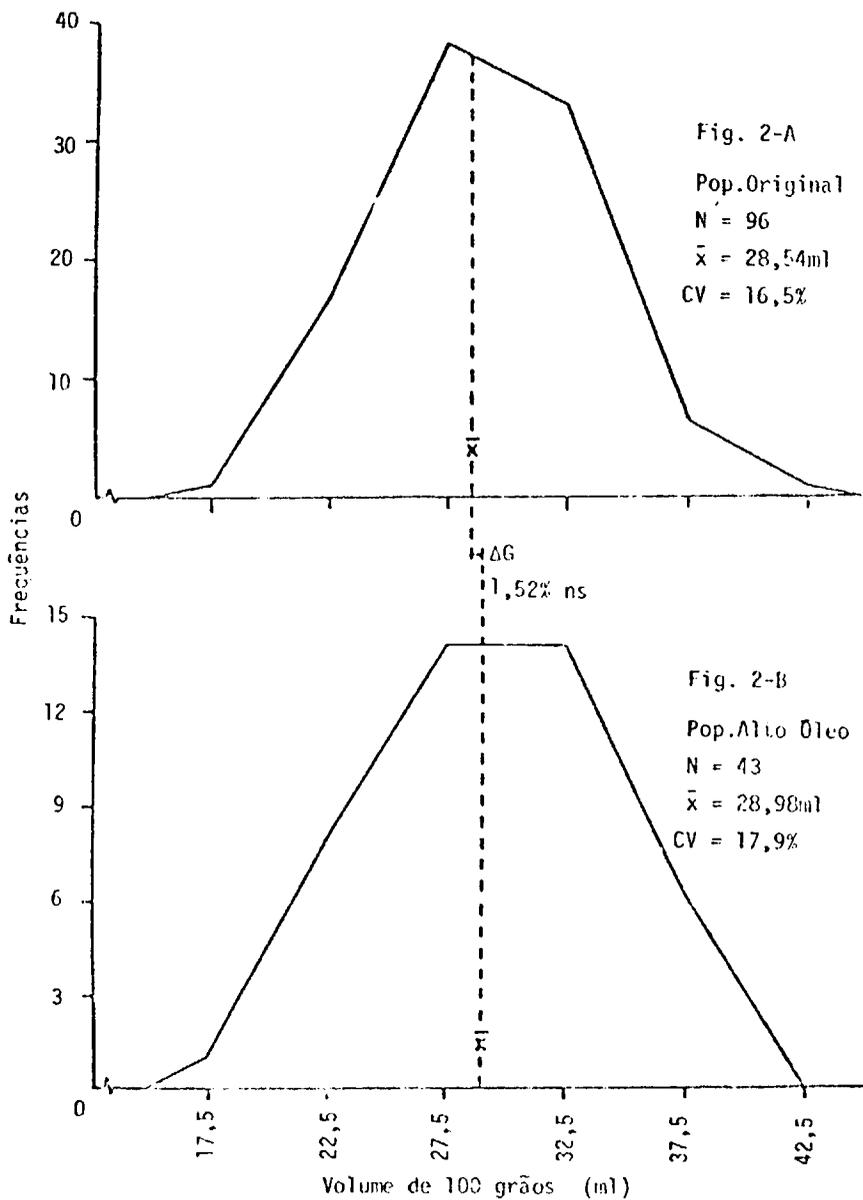


Figura 2. Distribuição das frequências relativas ao volume de 100 grãos das sementes S<sub>1</sub> do composto ESALQ-VD-2.

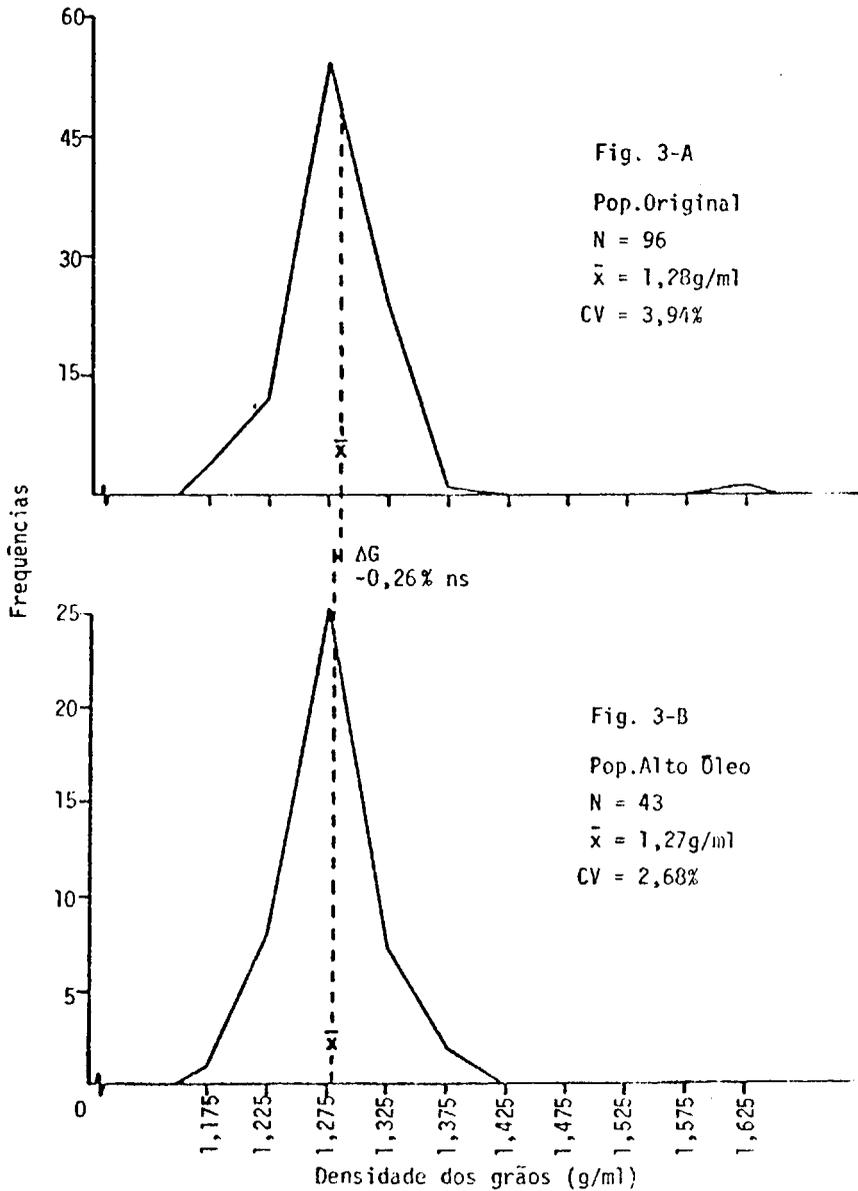


Figura 3. Distribuição das frequências relativas a densidade das sementes  $S_1$  do composto ESALQ-V $\bar{D}$ -2.

Para o caráter densidade dos grãos, sendo este uma relação entre o peso e volume, os resultados mostraram que a seleção para embrião grande apresentou uma tendência em aumentar esses caracteres, apesar de ter proporcionado um decréscimo na densidade. Isto se deve ao fato de que a seleção foi mais eficiente no aumento do volume do que para o peso deste, em razão da seleção dentro de famílias ter se baseado no maior tamanho do embrião, conseqüentemente os grãos obtidos tenderam a um volume maior. A seleção não teve qualquer ação direta sobre o peso dos grãos, o aumento observado neste caráter é devido a alta correlação existente entre o volume e o peso destes (ARNOLD et alii, 1974 e ARNOLD e BAUMAN, 1976).

Os coeficientes de variação entre espigas para os caracteres estudados, embora não tenha sido possível de testar sua significância mostraram que a seleção não alterou a variabilidade deste, já que de acordo com LENG (1962) o coeficiente de variação, embora contenha parte da variação ambiental, nos dá uma idéia da variabilidade de genética do caráter estudado; apesar de que para a densidade ocorreu um pequeno decréscimo neste parâmetro, porém no volume dos grãos ocorreu um pequeno aumento do seu coeficiente de variação na população Alto Óleo em relação a população Original. Desde que o método de seleção utilizado não restringe a variabilidade para o caráter peso dos grãos e, sendo este um fator de produtividade, proporciona a possibilidade de seleção para tal característica em programas avançados de melhoramento para elevar o conteúdo de óleo nos grãos, já que nesta fase a redução da produtividade de grãos parece ser inevitável devido a limites fisiológicos segundo WOODWORTH et alii (1952) e LENG (1962).

O aumento verificado no coeficiente de variação do volume de 100 grãos da população Alto Óleo em relação a Original, pode ser devido a elevação da variância ambiental contida neste parâmetro. Este fato foi discutido por JELLUM e MARION (1966) os quais mostraram que popula

ções com maior teor em óleo apresentam uma maior interação por ambiente. Contudo, a redução neste parâmetro observado na densidade dos grãos da população Alto Óleo em relação a Original pode ser interpretado sob forma de relação entre peso e volume. No peso dos grãos o coeficiente de variação se manteve constante em ambas populações. Porém, para o volume dos grãos o coeficiente de variação na população Alto Óleo foi superior ao da população Original. Desta forma, a redução deste parâmetro no caráter densidade é esperado.

Com os dados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que os caracteres relativos ao peso, volume e densidade dos grãos não foram alterados, significativamente, em relação a população Original, pelo método de seleção praticada. Este tipo de seleção não reduziu a variabilidade destes caracteres, possibilitando uma seleção para aumento do peso dos grãos, em programas avançados de melhoramento para elevar o conteúdo nos grãos de milho.

## CONCLUSÕES

A seleção empregada para aumentar o tamanho do embrião, visando obter sementes de milho com mais óleo, não provocou alterações significativas nos caracteres de peso, volume e densidade de 100 grãos, em relação a população Original.

## SUMMARY

MODIFICATION IN THE CHARACTERISTICS OF KERNEL WEIGHT, VOLUME AND DENSITY CAUSED BY SELECTION FOR GERM ENLARGEMENT IN MAIZE (*Zea mays* L.)

Among the selection procedures applied to increase the oil content of corn grain, seems that some morpho-

logical changing takes place during the process and a reduction in kernel weight can be detected. One reason to explain this situation is that inherent with the net balance disturbance between oil and carbohydrate content in the grain. The purpose of this work was to evaluate the changing in kernel weight, volume and density done by the selection procedure applied among and within half sib families in order to increase the yielding and the germ size. Seeds of  $S_1$  ears from the Original and High Oil population were used. The selection procedure did not reduce the 100 kernel weight and volume but a tendency to increase these characteristics in the High Oil population was found. A certain degree in reduction was detected for kernel density. This was done because the method of selection used in the High Oil population had a greater efficiency to increase the kernel volume than that for kernel weight.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, D.E., 1962. Corn as an oil crop. **Proceeding of the 17th Annual Hybrid Corn Industry - Research Conference**, 17: 85-91. (Original não consultado; apud ELROUBY, M.M. e L.H. PENNY, 1967. Variation and co-variation in high oil population of corn (*Zea mays* L.) and their implications in selection. **Crop Science**, Madison, 7(3): 216-219).
- ARNOLD, J.M., L.M. JOSEPHSON, W.L. PARKS e H.C. KINCER, 1974. Influence of nitrogen, phosphorus, and potassium applications on stalk quality characteristics and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, 66 (5): 605-608.
- ARNOLD, J.M. e L.F. BAUMAN, 1976. Inheritance of and interrelationship among maize kernel traits and elemental contents. **Crop Science**, Madison, 16(3): 439-439-440.

- BATISTA, L.A.R., 1980. Seleção para tamanho do embrião relacionada com o teor de óleo do grão de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, SP - ESALQ/USP. 72p. (Dissertação de Mestrado).
- DUDLEY, J.W., R.J. LAMBERT e D.E. ALEXANDER, 1974. Seventy generations of selection for oil and protein concentration in the maize kernel. In: DUDLEY, J.W. (Ed.), 1974. **Seventy generation of selection for oil and protein in maize.** Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, p.181-211.
- JELLUM, M.D. e J.E. MARION, 1966. Factors affecting oil content and oil composition of corn (*Zea mays* L.) grain. **Crop Science**, Madison, 6(1): 41-42.
- LENG, E.R., 1961. Predicted and actual responses during long-term selection for chemical composition in maize. **Euphytica**, Wageningen, 10(3): 368-378.
- LENG, E.R., 1962. Results of long-term selection for chemical composition in maize and their significance in evaluating breeding systems. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. **Seventy generations of selection for oil and protein in maize.** Crop Science of America, Inc. Madison, Wisconsin, p.149-172.
- LENG, E.R., 1967. Changes in weight, germ ratio, and oil content during kernel development in high oil corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, 7(4): 333-334.
- LIMA, M., 1977. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos na população de milho ESALQ-VD-2. Piracicaba, SP. ESALQ/USP. 71p. (Dissertação de Mestrado).
- MIRANDA, P., R. RUSCHEL e E. PATERNIANI, 1976. Avaliação de famílias de meios irmãos no milho (*Zea mays*

L.) Centralmex, para produção de grão e óleo. **Boletim do Instituto de Pesquisas Agronômicas, Recife, 76: 37p.**

PATERNIANI, E., 1968. Formação de compostos de milho. **Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 2: 102-108.**

PATERNIANI, E., J.R. ZINSLY e J.B. MIRANDA FILHO, 1977. Populações melhoradas de milho obtidas pelo Instituto de Genética. **Relatório Científico do Instituto de Genética, Piracicaba, 11: 108-114.**

WOODWORTH, C.M., E.R. LENG e R.W. JUGENHEIMER, 1952. Fifty generations of selection for protein and oil in corn. In: DUDLEY, J.W. Ed., 1974. **Seventy generations of selection for oil and protein in maize.** Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, p.121-131.