

VARIABILIDADE GENÉTICA E ENDOGAMIA EM DUAS  
POPULAÇÕES DE MILHO (*Zea mays*)  
CONTRASTANTES PARA O TEOR DE ÓLEO\*

Mauricio D. Zanotto \*\*  
Geraldo A. Tosello \*\*\*  
Claudio L. Souza Jr. \*\*\*

*RESUMO*

Com o objetivo de se avaliar os efeitos da seleção para maior tamanho do embrião, visando o aumento da porcentagem de óleo e suas interrelações com a produtividade de grãos, estimaram-se os parâmetros genéticos e os efeitos de uma geração de autofecundação, em progênies de meios irmãos e  $S_1$  de uma mesma planta  $S_0$ , de duas populações de milho derivadas do "Composto Flint". As progênies foram avaliadas separadamente para cada população, através do delineamento experimental em látices plantado em faixas.

As médias das progênies de meios irmãos e  $S_1$  para porcentagem de óleo, foram

- 
- \* Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor a ESALQ-USP, Piracicaba. Entregue em 27/04/87.
- \*\* Departamento de Agricultura e Silvicultura, UNESP - Botucatu, CEP 18.600.
- \*\*\* Departamento de Genética - ESALQ-USP, Piracicaba, CP 83, CEP 13.400.

respectivamente 5,31% e 5,19% para a população 01, e 6,21% e 5,63% para a população 02. Para peso de espigas na população 01, as médias foram 4,68 e 2,91, e para a população 02 foram iguais a 4,05 e 2,77 kg/m<sup>2</sup>. Embora as médias das progênies S<sub>1</sub> fossem sempre inferiores às médias das progênies de meios irmãos, a análise através do teste F não permitiu ao nível de 5% de probabilidade, se detectar os efeitos da depressão por endogamia na média das características avaliadas, exceto para porcentagem de óleo na população 02.

As estimativas das variâncias genéticas entre progênies S<sub>1</sub> foram superiores as estimativas das variâncias entre progênies de meios irmãos com exceção da característica peso de espigas despalhadas na população 01 e da característica altura da espiga na população 02.

As estimativas da herdabilidade e dos coeficientes de variação genética foram inferiores aos resultados descritos na literatura para a característica porcentagem de óleo nos grãos para as duas populações utilizadas. A população 01 apresentou estimativa da herdabilidade para peso de espigas despalhadas considerada alta 76,76%, enquanto que esta estimativa na população 02, foi considerada baixa 15,76%.

Os coeficientes de correlação genética aditiva entre as características peso de espigas e porcentagem de óleo foram de -0,37 e 0,12 para as populações 01 e 02, respectivamente.

Concluiu-se que a seleção efetuada na população 02, para aumento do tamanho do embrião, foi efetiva para elevar a porcentagem média de óleo e também para quebrar a correlação genética negativa entre as características de peso de espiga e teor de óleo, porém restringiu drasticamente a variabilidade para essa característica.

## INTRODUÇÃO

O milho desde sua domesticação é utilizado como fonte energética na alimentação de vários povos. Em países mais desenvolvidos é crescente a utilização do milho em indústrias, na forma de matéria prima para constituição de diversos produtos entre os quais o óleo. O óleo de milho apresenta grande valor econômico devido as suas boas qualidades organolépticas associadas a alta concentração de ácidos graxos insaturados. O teor médio de óleo nos grãos de milho de variedades e híbridos utilizados comercialmente está em torno de 4,5% sendo que cerca de 85,0% deste teor encontra-se no embrião.

A possibilidade de se elevar o teor de óleo nos grãos de milho através de métodos de melhoramento tem sido demonstrada desde fins do século passado (DUDLEY, 1974). De maneira geral os trabalhos relatados na literatura indicam a existência de correlação genética entre teor de óleo e produtividade de grãos (ELROUBY e PENNY, 1967; TOSELLO e GERALDI, 1980; entre outros), porém em algumas variedades foi observada ausência de correlação ou mesmo correlação positiva entre essas características (MILLER & BRIMHALL, 1951; BIANCO, 1984). Embora a literatura a respeito da herança do teor de óleo no milho seja bastante farta, HALLAUER e SEARS (1973) relatam que pouco esforço foi dirigido no sentido de se avaliar os efeitos da endogamia para essa característica.



Após o completo desenvolvimento das plantas foram tomadas observações da altura média das plantas e altura média das espigas. Por ocasião da colheita, foram anotadas o peso das espigas despalhadas, o número de plantas por subparcela (stand) e o teor de umidade dos grãos correspondentes à cada subparcela experimental. Posteriormente em laboratório, foram realizadas as análises da porcentagem de óleo nos grãos utilizando-se n-hexano como solvente em extrator tipo Soxhlet. Com a finalidade de se avaliar os efeitos da endogamia e a interação entre tipos de progênies e genótipos procedeu-se a análise da variância para as diferentes características segundo o esquema experimental em faixa conforme modelo de STEEL e TORRIE (1960). Posteriormente foram realizadas análises complementares visando estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos separadamente para cada tipo de progênie, segundo delineamento em blocos ao acaso. Os quadrados médios dentro de progênies foram obtidos independentemente, através das médias ponderadas pelos graus de liberdade das estimativas das variâncias individuais dentro de parcelas. Para a característica porcentagem de óleo nos grãos, os quadrados médios dentro de progênies foram obtidos em uma amostra de 5 plantas em 10% das progênies avaliadas e para as características altura da planta e altura da espiga, os quadrados médios de progênies foram obtidos amostrando-se 5 plantas em todas as parcelas avaliadas.

Estimativas das variâncias genéticas entre progênies ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variâncias ambientais entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) e variâncias fenotípicas entre plantas dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), foram calculadas através da manipulação algébrica dos quadrados médios de progênies (QMp), quadrados médios dos resíduos (QMe) e dos quadrados médios dentro de progênies (QMd), segundo indicações de VENCovsky (1978). Utilizando estas estimativas das progênies de meios irmãos, foram calculadas: variâncias genéticas aditivas:  $\hat{\sigma}_A^2 = 4\hat{\sigma}_p^2$ ; variâncias fenotípicas entre médias de progênies:  $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2/r + \hat{\sigma}_d^2/nr$ , onde n e r referem-se ao número de plantas por parcela e de repetições, respectivamente; coe

ficientes de variação genética:  $CVg = (\hat{\sigma}_p/\bar{x}).100$ , onde  $\bar{x}$  refere-se à média do caráter; herdabilidade ao nível de médias de progênies:  $h_m^2 = (\hat{\sigma}_p^2/\hat{\sigma}_F^2).100$ ; progressos esperados com seleção entre progênies de meios irmãos:  $G_S = k\sigma_p^2/\sigma_F$  ( $k = 1,755$  para intensidade de seleção de 10%). Foram estimados, ainda, as covariâncias genéticas aditivas e fenotípicas utilizando o procedimento sugerido por KEMPTHORNE (1966) e, os coeficientes de correlação genética aditiva e fenotípica entre os caracteres peso de espigas e teor de óleo nos grãos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das progênies de meios irmãos e  $S_1$  e a depressão por endogamia  $D = [(1 - \bar{M}_{S_1}/\bar{M}_{MI}) \times 100]$  são apresentados na Tabela 1.

Como pode ser observado na Tabela 1 as médias das progênies de meios irmãos foram sempre superiores as médias das progênies  $S_1$  sendo esse efeito mais pronunciado na característica peso de espigas e menos pronunciado na porcentagem de óleo nos grãos. Cabendo ressaltar, que considerando-se as características peso de espigas, altura da planta e altura da espiga, a população 01 se mostrou superior à população 02 tanto quando consideramos as médias das progênies de MI como quando consideramos as médias das progênies  $S_1$ . Por outro lado, para a característica porcentagem de óleo a população 02 apresentou uma média para progênies de meios irmãos e progênies  $S_1$  superiores as médias das progênies de MI e  $S_1$  da população 01.

Comparando-se as duas populações, aquela que apresenta uma média mais favorável para dada característica, apresenta também efeitos mais pronunciados da depressão por endogamia. Este fato, segundo interpretação do modelo apresentado por SOUZA JUNIOR (1985), pode indicar que as populações 01 e 02 apresentam para as características

Tabela 2. Estimativas dos componentes da variância para diferentes característi-  
cas, ao nível individual, separadamente para progênies de meios ir-  
mãos (MI) e S<sub>1</sub>. População 01. Piracicaba, 1979/1980.

Características	Estimativas dos componentes da variância					
	$\hat{\sigma}_p^2$		$\hat{\sigma}_e^2$		$\hat{\sigma}_d^2$	
	MI	S <sub>1</sub>	MI	S <sub>1</sub>	MI	S <sub>1</sub>
Peso de espiga ( $\times 10^{-4}$ )	5,0144	3,5440	-	-	-	-
Porcentagem de óleo	0,1230	0,3070	1,1956	0,4857	0,8058	1,2093
Altura da Planta	23,5245	109,6566	143,2536	181,7916	536,3194	630,6926
Altura da Espiga	21,7798	89,3060	85,2834	117,8679	392,4392	422,3349

$\hat{\sigma}_p^2$  = Estimativa da variância genética entre progênies de meios irmãos ou S<sub>1</sub>

$\hat{\sigma}_e^2$  = Estimativa da variância ambiental entre parcelas

$\hat{\sigma}_d^2$  = Estimativa da variância genotípica dentro de progênies.

estudadas, frequências gênicas médias para os alelos favoráveis, associados com efeitos de dominância inferiores a 0,5. Para as características peso de espigas, altura da planta e altura da espiga, a depressão por endogamia nas duas populações foi de magnitude semelhante à HALLAUER e SEARS (1973); CORNELIUS e DUDLEY (1974) e MOTA (1974). Para a característica porcentagem de óleo nos grãos, o valor obtido para a depressão por endogamia para a população 01 foi de magnitude semelhante ao encontrado por CORNELIUS e DUDLEY (1974), sendo que o valor obtido para a população 02 foi inferior, indicando assim uma maior depressão por endogamia na população que foi selecionada para maior tamanho do embrião. A mesma tendência para maior depressão por endogamia na população 02 também foi observada por BATISTA (1981).

As tabelas 2 e 3 apresentam respectivamente para as populações 01 e 02 as estimativas dos componentes de variância obtidos para as progênies de meios irmãos e  $S_1$ . Conforme discute FALCONER (1964), a variância genética entre progênies autofecundadas deve ser maior que a variância genética entre progênies de meios irmãos. No presente estudo este fato foi verificado, com exceção das características peso de espigas despalhadas na população 01 e altura da espiga na população 02. Cabendo ressaltar que as exceções observadas podem ser devido a componentes da interação entre genótipo-ambiente que não pôde ser isolado e que pode estar superestimando os valores obtidos. Segundo FALCONER (1964) a variância genética dentro de progênies autofecundadas deve ser menor que a variância genética dentro de progênies de meios irmãos. No presente estudo as variâncias dentro de progênies  $S_1$  foram, como as obtidas por MOTA (1974), para todas as características estudadas, superiores às variâncias dentro de progênies de meios irmãos. Considerando-se que a variância dentro de progênies é de natureza fenotípica, as maiores estimativas obtidas dentro de progênies  $S_1$  em relação às obtidas dentro de progênies de meios irmãos, deve-se a uma maior sensibilidade as variações ambientais apresentadas por genóti



Tabela 1. Média das progênes de meios irmãos (MI) e endogâmicas (S<sub>1</sub>) e a depressão por endogamia (D) para peso de espigas, % óleo, altura da planta e da espiga para as populações 01 e 02.

Características	População 01			População 02		
	MI	S <sub>1</sub>	D	MI	S <sub>1</sub>	D
Peso de espigas kg/5m <sup>2</sup>	4,68	2,91	37,82	4,05	2,77	31,6
% de óleo	5,31	5,19	2,26	6,21	5,63	9,34
Alt. da planta (cm)	238,60	201,42	15,58	244,55	218,52	10,64
Alt. da espiga (cm)	136,31	115,90	14,97	140,64	123,39	12,26

Tabela 3. Estimativas dos componentes da variância para diferentes características, ao nível individual, separadamente para progênies de meios irmãos (MI) e S<sub>1</sub>. População 02. Piracicaba, 1979/1980.

Características	Estimativas dos componentes da variância								
	$\hat{\sigma}_p^2$			$\hat{\sigma}_e^2$			$\hat{\sigma}_d^2$		
	MI	S <sub>1</sub>		MI	S <sub>1</sub>		MI	S <sub>1</sub>	
Peso de espiga ( $\times 10^{-4}$ )	0,9336	6,1784	-	-	-	-	-	-	
Porcentagem de óleo	0,0198	0,1780	1,0014	0,3135	0,6029	1,0446	0,6029	1,0446	
Altura da Planta	42,5535	92,2086	69,9862	263,2842	683,1087	738,6757	683,1087	738,6757	
Altura da Espiga	46,7876	32,2862	66,2464	163,9933	459,8076	497,1392	459,8076	497,1392	

$\hat{\sigma}_p^2$  = Estimativa da variância genética entre progênies de meios irmãos ou S<sub>1</sub>

$\hat{\sigma}_e^2$  = Estimativa da variância ambiental entre parcelas

$\hat{\sigma}_d^2$  = Estimativa da variância genotípica dentro de progênies.

pos endogâmicos em relação à genótipos não endogâmicos (FALCONER, 1964).

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas respectivamente, para as populações 01 e 02, as estimativas das variâncias genética aditiva ao nível individual, dos coeficientes de herdabilidade ao nível de médias de progênies, dos progressos genéticos esperados para uma intensidade de 10% de seleção entre progênies de meios irmãos, coeficientes de variação genética (CVg) e experimental (CVe) e a relação entre os mesmos, ou seja, CVg/CVe, para as características estudadas. Para a característica peso de espigas os valores das estimativas da variância genética aditiva, coeficiente de herdabilidade, coeficiente (b) e progresso genético para a população 01 foram muito superiores e para a população 02 foram de magnitude semelhante aos valores obtidos por outros autores em diversas populações de milho (RAMALHO, 1977; PATERNIANI, 1967; ZINSLY, 1969; MIRANDA FILHO *et alii*, 1972; BIANCO, 1984) entre outros.

Conforme argumentam WEBEL e LONNQUIST (1967) e PATERNIANI (1968), a seleção com base em progênies de meios irmãos explora, no primeiro ciclo, o máximo de variabilidade genética livre existente na população, fruto da segregação entre blocos poligênicos, restando nos ciclos seguintes a variabilidade genética latente, presente dentro dos blocos gênicos e que vai sendo liberada gradativamente através da permuta genética. Os dados obtidos no presente trabalho concordam com a argumentação desses autores, visto que quando comparadas as duas populações utilizadas, originárias de um mesmo composto e que sofreram diferentes processos seletivos, aquela que apresenta a média superior para uma dada característica apresenta também menor variância genética para essa característica, exceto para peso de espiga na população 01, onde a magnitude da estimativa obtida para a variância genética aditiva sugere que a mesma esteja superestimada.

Tabela 4. Estimativas da variância genética aditiva, coeficiente de herdabilidade, progresso genético, coeficientes de variação genética e experimental e coeficiente b, para características avaliadas nas progênes de meios irmãos para a população 01. Piracicaba, 1979/1980.

Característica	Unidade	$\sigma_A^2$	$h_m^2$	$G_s$ %	CVg	CVe	b
Peso de espigas	kg/5m <sup>2</sup>	20,0580x10 <sup>-4</sup>	76,76	9,20	11,96	9,81	1,22
Teor de óleo	%	0,4920	15,35	2,26	6,60	21,93	0,30
Altura da planta	cm	94,0980	15,81	0,71	2,03	6,63	0,31
Altura da espiga	cm	87,1192	21,01	1,38	3,41	9,39	0,36

$\sigma_A^2$  - Variância genética aditiva ao nível individual

$h_m^2$  - Herdabilidade ao nível de médias de progênes

$G_s$  - Progresso genético para intensidade de seleção de 10% entre progênes de meios irmãos.

CVg - Coeficiente de variação genética

CVe - Coeficiente de variação experimental

b - CVg/CVe



Com relação à porcentagem de óleo nos grãos BATISTA (1981) estudando as mesmas populações utilizadas no presente trabalho, concluiu que a seleção efetuada na população 02 para maior tamanho do embrião não foi eficiente no sentido de se elevar a porcentagem de óleo nos grãos, porém promoveu uma alteração na frequência gênica da população selecionada, o que resultou em um aumento da variabilidade genética dessa característica em relação à população 01 não selecionada. Os dados obtidos no presente trabalho contrariam os resultados obtidos por BATISTA (1981) pois a população 02 selecionada para maior tamanho do embrião apresenta uma média superior que a da população 01 para porcentagem de óleo nos grãos, e apresenta também menor variabilidade genética para essa característica quando comparada com a população 01.

Para as características altura da planta e altura da espiga, os baixos valores obtidos em relação às outras populações, para as estimativas da variância genética aditiva, herdabilidade, coeficientes de variação genética e progressos esperados por seleção, se devem provavelmente aos efeitos da seleção que as populações estudadas sofreram para essas características durante o processo de obtenção das mesmas, marcadamente a população 01 onde a seleção efetuada foi entre e dentro de progênies de meios irmãos, enquanto que, na população 02 a seleção foi apenas entre progênies de meios irmãos.

As estimativas dos coeficientes de correlações genéticas e fenotípicas entre as características peso de espigas despalhadas e porcentagem de óleo nos grãos são apresentados na Tabela 6. No presente estudo, as estimativas do coeficiente de correlação genética aditiva e fenotípica entre as características peso de espigas e porcentagem de óleo foram respectivamente  $-0,370$  e  $-0,033$  para população 01, e para população 02 foram  $0,120$  e  $0,299$ . Estimativas negativas de coeficientes de correlação entre peso de espigas e porcentagem de óleo também foram obtidas por ELROUBY e PENNY (1967), TOSELLO e GERALDI (1980) e BIANCO (1984). Com relação a população

02 o valor positivo apresentado para a correlação entre as características em questão, pode ser devido ao efeito da seleção que a população referida sofreu, onde foram escolhidos os genótipos mais produtivos e com maior tamanho do embrião, característica correlacionada positivamente com a porcentagem de óleo nos grãos.

Tabela 6. Estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva ( $r_A$ ) e fenotípica ( $r_F$ ) entre teor de óleo nos grãos e peso de espigas despalhadas, ao nível de médias de progênies.

População	Coeficientes de correlação	
	$r_A$	$r_F$
01	-0,370	-0,033 <sup>ns</sup>
02	0,120	0,299 <sup>ns</sup>

De maneira geral, os resultados obtidos no presente trabalho, permitiram apontar as seguintes conclusões: a) A população 01 apresentou variabilidade genética, para porcentagem de óleo nos grãos, inferior a de outras populações descritas na literatura, porém de magnitude suficiente para permitir progressos genéticos nessa característica através de métodos que explorem com eficiência a variância genética aditiva; b) A seleção efetuada, durante o processo de obtenção, para maior tamanho do embrião na população 02 foi eficiente no sentido de aumentar a porcentagem média de óleo nos grãos, porém reduziu drasticamente a variabilidade genética para essa característica, alterou o sentido das correlações genéticas e fenotípicas entre porcentagem de óleo e produtividade, que eram negativas e passaram a ser positivas e a sele-

ção também tornou a população mais sensível aos efeitos da endogamia para a porcentagem de óleo nos grãos; c) As duas populações estudadas apresentaram variabilidade genética suficiente para obtenção de progressos por seleção para produtividade, altura da planta e altura da espiga; d) Para as características peso de espigas, altura da planta e altura da espiga, a seleção praticada durante o processo de obtenção foi mais eficiente para a população 01, trazendo como consequência uma maior depressão por endogamia na população 01 em relação a população 02, e ainda uma menor variância genética aditiva das características da população 01 em relação à população 02, com exceção do peso de espigas, onde a magnitude indica que a variância genética aditiva na população 01 está superestimada.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, permitem apontar as seguintes conclusões:

- A seleção efetuada, durante o processo de obtenção para maior tamanho do embrião na população 02, apresentou as seguintes consequências:

a) Foi eficiente no sentido de aumentar a porcentagem média de óleo nos grãos, porém reduziu drasticamente a variabilidade genética para essa característica, dificultando assim progressos futuros.

b) Alterou o sentido das correlações genética e fenotípica entre porcentagem de óleo e produtividade, que eram negativas e passaram a ser positivas.

c) Tornou a população mais sensível aos efeitos depressivos da endogamia para a característica porcentagem de óleo nos grãos.

*As duas populações apresentaram variabilidade genética suficiente para obtenção de progressos por seleção*



para teor de óleo, produtividade, altura da planta e altura da espiga.

- Para as características peso de espigas, altura da planta e altura da espiga, a seleção praticada durante o processo de obtenção foi mais eficiente para a população 01, trazendo as seguintes consequências:

a) Maior depressão por endogamia na média das características da população 01 em relação à população 02.

b) Menor variância genética aditiva das características da população 01 em relação à população 02, exceção do peso de espigas, onde a magnitude indica que a variância genética aditiva está superestimada.

#### SUMMARY

#### GENETIC VARIABILITY AND INBREEDING EFFECTS IN TWO DIVERGENT POPULATIONS OF MAIZE FOR OIL CONTENT

The objective of the present research was to evaluate the percentage increase of oil and productivity of grains and their interrelations in two maize populations, through the estimates of genetic parameters as well as the study of the effects of one generation of inbreeding. Half-sib and  $S_1$  progenies from the same plant  $S_0$  were obtained and evaluated from two maize populations. The data for plant height and ear height were also considered. The studied populations were derived from "Composto Flint". The progenies were evaluated separately for each population in a lattice experimental design planted in a split block arrangement.

The half-sib and  $S_1$  progenies means for the oil percentage were respectively, 5.31% and 5.19% for populations 01, and 6.21% and 5.63% for the population 02. For ear weight in population 01, the means were 4.68 and 2.91 respectively, for the half-sib and  $S_1$  progenies, and for the population 02, equal to 4.05 and 2.77 kg/5m<sup>2</sup>. Although the means of the  $S_1$  progenies were

always lower than those of the half-sib progenies, the analysis through the F test did not allow, at the 5% level of probability, to detect the effect of inbreeding depression in the means of the characteristics evaluated, except for the oil percentage in the population 02.

The estimates of the genetic variances among  $S_1$  progenies were higher than the estimates of the variances among the half-sib progenies, except for the ear weight in population 01 and ear height in population 02.

The coefficient of heritability and genetic variation estimated, were lower in some way than those described in the literature when oil percentage is considered in both populations. For ear weight the population 01 showed a high value for the estimates of heritability ( $h^2 = 76.76\%$ ), on the other hand, the population 02 presented a low value ( $h^2 = 15.76\%$ ).

The coefficient of additive genetic correlation between ear weight and oil percentage were  $-0.37$  and  $0.12$ , for the population 01 and 02 respectively.

It was also concluded that, the selection carried out in population 02 in order to increase the embryo size, was effective to improve the average for oil percentage and also to break the negative genetic correlation between ear weight and oil content, however as a consequence of this type of selection a genetic variability reduction was observed for such characteristics.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, L. A. R.. Uso de sementes autofecundadas e de polinização livre no melhoramento do conteúdo de óleo em duas subpopulações de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1981. 132p. (Tese de Doutorado).

- BIANCO, S.. Avaliação do potencial genético de populações de milho (*Zea mays* L.) braquítico para teor de óleo na semente. Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. (Dissertação de Mestrado).
- CORNELIUS, P.L. e J. W. DUDLEY. Effects of inbreeding by selfing and full-sib mating in a maize population. *Crop Science*, Madison, **14**(6): 815-818. 1974
- DUDLEY, D. W. (Ed.). Seventy generation of selection for oil and protein in maize. *Crop Science Society of America*, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 212p. 1974.
- ELBOURY, M.M. e L. H. PENNY. Variation and covariation in high oil population of corn (*Zea mays* L.) and their implications in selection. *Crop Science*, Madison, **7**(3): 216-219. 1967.
- FALCONER, D. S.. Introduction to quantitative genetics. 3ª imp. New York, The Ronald Press Company. 1964. 365p.
- HALLAUER, A.R. e J. H. SEARS. Changes in quantitative traits associated with inbreeding in a synthetic variety of maize. *Crop Science*, Madison, **13**(3): 327-329. 1973.
- KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. 3ª impr. New York, John Wiley Sons, 1966. 545p.
- MILLER, P.A. e B. BRIMHALL. Factors influencing the oil and protein content of corn grain. *Agronomy Journal*, Madison, **43**(7): 305-311. 1951.
- MIRANDA FILHO, J.B., E. PATERNIANI e R. VENCOVSKY. Variância genética aditiva da altura da planta e da espiga em dois compostos de milho e sua implicação no melhoramento. *Relatório Científico do Departamento de Genética*. Piracicaba, nº **9**: 102-114. 1972.

- MOTA, M. G. C.. Comportamento de progênies de meios irmãos e S<sub>1</sub> na variedade de milho (*Zea mays* L.) Centralmex. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974 (Dissertação de Mestrado).
- PATERNIANI, E. Selection among and within half-sib families in a Brazilian population of maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*, Madison, 7(2): 212-216. 1967.
- PATERNIANI, E. Avaliação do método de seleção em tre e dentro de família de meios irmãos no melhoramento do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1968. 92p. (Tese de Cátedra).
- PATERNIANI, E., J.R. ZINSLY e J. B. MIRANDA FILHO. Populações melhoradas de milho obtidas pelo Instituto de Genética. Relatório Científico do Departamento de Genética, Piracicaba, 11: 108-114. 1977
- RAMALHO, M. A. P.. Eficiência relativa de alguns processos de seleção no milho baseadas em famílias não endogamas. Piracicaba, ESALQ/USP, 1977. 122p. (Tese de Doutorado).
- SOUZA Jr., C. L. Procedures for estimating expected genetic progress in inbred lines via recurrent intrapopulation selections. *Rev. Bras. Genet.*, VIII (2): 329-342. 1985
- STEEL, R. e J. H. TORRIE. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.
- TOSELLO, G.A. e I. O. GERALDI. Correlação genéticas e fenotípicas envolvendo caracteres da planta e de qualidade do grão na população ESALQ-VD-2 opaco de milho. Relatório Científico do Departamento de Genética, Piracicaba, nº 03: 99-111. 1980
- VENCOVSKY, R.. Genética Quantitativa. In: PATERNIANI, E. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba, Fundação Cargill, 1978. p.122-201.

- WEBEL, O.D. e J. H. LONNQUIST. An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn. *Crop Science*, Madison, 7(6): 651-655. 1967.
- ZINSLY, J. R.. Estudo comparativo entre a seleção massal e a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1969. 89p. (Tese de Doutorado).