

INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES NA AVALIAÇÃO DE PROGÊNIOS DE MEIOS-IRMÃOS DE MILHO¹

CLESO ANTÔNIO PATTO PACHECO², MAGNO ANTÔNIO PATTO RAMALHO³ e RICARDO MAGNAVACA⁴

RESUMO - Neste trabalho 400 progênies de meios-irmãos de milho (*Zea mays* L.) foram avaliadas com o objetivo de avançar um ciclo de seleção (ciclo I) entre e dentro de progênies e estimar a interação progênies x locais e outros parâmetros genéticos. O estudo foi desenvolvido nos municípios de Ijaci e Sete Lagoas, Minas Gerais, em quatro látices 10 x 10, com duas repetições, em parcelas constituídas de uma linha de 5,0 m de comprimento, com 25 plantas e espaçamento de 1,0 m, onde foi observada a característica peso de espigas despalhadas. A população utilizada foi a CMS-39, sintetizada pela Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), a partir da recombinação de 55 materiais identificados como promissores pelos Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho, e submetida ao primeiro ciclo de seleção (ciclo zero) no ano agrícola de 1984/85. Os resultados obtidos permitiram concluir que a estimativa da interação progênies x locais (σ^2_{pxl}) foi da mesma magnitude da estimativa da variância genética entre progênies de meios-irmãos (σ^2_p) e não sofreram alterações significativas em relação às σ^2_{pxl} e σ^2_p obtidas no ciclo anterior, confirmando a importância de se avaliar as progênies de meios-irmãos em mais de um ambiente, para melhorar a eficiência do processo seletivo e obter estimativas da variância genética aditiva (σ^2_A) livres desta interação.

Termos para indexação: *Zea mays*, melhoramento, famílias de meios-irmãos.

GENOTYPES X ENVIRONMENT INTERACTION IN MAIZE HALF-SIB PROGENIES EVALUATION

ABSTRACT - The evaluation of half-sib maize (*Zea mays* L.) families has been done usually in one environment, without considering the genotype x environment interaction in the selection scheme. This study used two different environment for testing 400 half-sib families divided in four 10 x 10 lattice design with two replication per environment. The plots were five meters long and one meter apart with 25 plants, per row in both environments (Ijaci and Sete Lagoas, in Minas Gerais State). The trait analyzed was ear weight. The objectives were to make one more cycle of half-sib selection in the population (2nd cycle) and obtain data to estimate the magnitude of the genotype x environment interaction as well as other genetic parameters. The select population was CMS-39. This population was developed at Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, through the recombination of 55 different genotypes tested at national level for adaptation. The first cycle of selection in CMS 39 was done in 1984/85. It was concluded that the genotype x environment interaction estimate was about the same magnitude of the variance among half-sib families estimate and did not differ significantly from the estimates obtained for the previous cycle of selection (original cycle) for both parameters. These results indicate the necessity of testing half-sib families in more than one environment in order to improve the selection efficiency and avoid an overestimation of the additive genetic variance due to the interaction effect.

Index terms: *Zea mays*, breeding, genotype x environment interaction, half sib families.

¹ Aceito para publicação em 6 de outubro de 1997.

Extraído da dissertação apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Lavras (UFLA).

² Eng. Agr., D.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.

³ Eng. Agr., D.Sc., Dep. de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

⁴ Eng. Agr., Ph.D., Mitla, Caixa Postal 800, CEP 38409-970 Uberlândia, MG.

INTRODUÇÃO

O método de seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos é um dos métodos de seleção intrapopulacional mais utilizados no Brasil para o melhoramento de milho (*Zea mays* L.) (Paterniani, 1967, 1968; Silva, 1969; Cunha, 1976; Lima, 1977; Miranda et al., 1977; Ramalho, 1977; Ayala Osuna et al., 1981; Aguiar, 1986; Carvalho et al., 1994), em virtude da facilidade de condução e eficiência, demonstrada em várias ocasiões em elevar a frequência dos alelos favoráveis, bem como por possibilitar estimar a variância genética aditiva (σ^2_A).

No entanto, a avaliação das progênies geralmente vem sendo feita em apenas um ambiente, não permitindo avaliar a importância da interação genótipos x ambientes no processo seletivo, o que, segundo Allard (1971), pode conduzir a variâncias genéticas superestimadas, levando a discrepâncias entre respostas esperadas e observadas com a seleção.

Visando o estudo desta interação, progênies de meios-irmãos da população de milho CMS-39 foram avaliadas em três ambientes durante o ano agrícola de 1984/85 (Aguiar, 1986). Neste primeiro ciclo de seleção foi constatada uma forte interação genótipos x ambientes que, se não isolada, poderia diminuir a eficiência do processo seletivo, como também contribuir para superestimar a variância entre progênies de meios-irmãos (σ^2_p) e os demais parâmetros dela derivados.

O objetivo deste artigo foi verificar as trocas provocadas pelo segundo ciclo de seleção, na variabilidade genética existente na população CMS-39, bem como as trocas na interação progênies x locais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada a população de milho CMS-39, composto constituído a partir da recombinação de 55 materiais (híbridos simples, duplos e intervarietais, além de algumas variedades de polinização aberta), identificados como promissores pelos Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho.

Após a última geração de recombinação, foram colhidas 400 espigas da população original, formando igual número de progênies de meios-irmãos, que na safra 1984/85 foram avaliadas por Aguiar (1986) em três ambientes. Baseado na média desses experimentos selecionaram-se 40 progênies, que foram recombinadas no inverno de 1985, na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS). Do campo de recombinação foram obtidas 400 novas progênies.

Essas progênies foram submetidas ao segundo ciclo de seleção em dois ambientes, em 1985/86, nos municípios de Ijaci e Sete Lagoas, no Estado de Minas Gerais. Para isso, foram divididas em 4 látices 10 x 10, com duas repetições. As parcelas constituíram-se de uma linha de 5,0 m de comprimento, com espaçamento de 1,0 metro entre linhas. O estande ideal por parcela foi de 25 plantas. A adubação foi feita no sulco de plantio com 500 kg/ha da formulação 4-14-8 NPK, mais 40 kg/ha de N em forma de sulfato de amônio, em cobertura, aos 30 dias após a emergência.

O peso das espigas despalhadas da parcela colhida integralmente foi avaliado e posteriormente corrigido para 14,5% de umidade.

As análises estatísticas foram feitas conforme método apresentado por Lima (1977), utilizando-se para as estimativas dos componentes da variância as esperanças matemáticas referentes ao delineamento de blocos casualizados, conforme descrito por Vianna & Silva (1978), e para as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, e decomposição da interação genótipos x ambientes, as expressões apresentadas por Vencovsky (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições físicas e químicas dos solos onde foram conduzidos os experimentos podem ser observadas na Tabela 1. Nota-se que em Sete Lagoas o solo ofereceu melhores condições para o desenvolvimento da cultura que em Ijaci, no qual pode ter havido um desbalanceamento entre Ca^{2+} e Mg^{2+} . Além disso, a classificação textural evidenciou uma maior suscetibilidade a períodos secos, devido ao alto percentual das frações areia grossa e areia fina.

As condições climáticas no ano agrícola 1985/86 foram irregulares, especialmente no início, fazendo com que o plantio fosse retardado nos dois locais. Após a emergência houve um período em que a cultura sofreu com a baixa umidade, principalmente em Ijaci, sucedido por um período de boas precipitações de distribuição

ligeiramente melhor em Sete Lagoas até o florescimento, quando voltou a decrescer significativamente, sobretudo neste local.

Embora as condições climáticas tenham sido melhores em Sete Lagoas, a média de produção de espigas despalhadas (7.854 kg/ha) foi apenas ligeiramente superior à de Ijaci (7.592 kg/ha). A média dos dois locais foi de 7.724 kg/ha (Tabela 2).

TABELA 1. Características físicas e químicas dos solos onde foram conduzidos os experimentos de avaliação de progênies de meios-irmãos da população CMS-39.

Local	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	M.O.
		----- (eq.mg/100 cc) -----			----- (ppm) -----		(%)
Ijaci	6,40	0,00	6,00	0,44	32,00	3,00	2,41
Sete Lagoas	5,30	0,00	2,91	1,02	75,00	9,00	3,10
	Areia	Areia	Silte	Argila	Classificação textural		
	grossa	finas	----- (%) -----				
Ijaci	19,00	22,00	29,00	30,00	Franco-argiloso		
Sete Lagoas	5,00	10,00	35,00	50,00	Argiloso		

TABELA 2. Resumo das análises de variância combinadas por local e agrupadas dos dois locais quanto ao peso das espigas despalhadas em gramas/planta.

Fonte de variação	Quadrado médio		
	Ijaci	Sete Lagoas	Média dos 2 locais
Progênies/Experimento	23.880,7739**	17.154,6856**	23.175,3800**
Progênies x locais/ Experimento	-	-	17.860,0000**
Resíduo combinado	17.837,0400	12.382,6276	15.109,8400
C.V. (%)	17,59	14,17	15,92
Média	7.592,00	7.854,00	7.724,00

** = significativo a 1% de probabilidade.

O resumo da análise de variância combinada por local e agrupada dos dois locais encontra-se na Tabela 2, onde se constata diferença significativa, a 1% de probabilidade, entre progênies nos dois locais e na média dos dois locais, e também efeito significativo da interação progênies x locais.

A estimativa da variância genética entre progênies de meios-irmãos (σ_p^2), apesar de se apresentar mais elevada em Ijaci, 120,8747 (g/planta)², do que em Sete Lagoas, 95,4412 (g/planta)², é considerada como de magnitude semelhante nos dois locais, pois a diferença entre elas pode ser explicada pelos erros nas estimativas, que foram da ordem de 36,3 e 32,0% da estimativa da σ_p^2 de Ijaci e Sete Lagoas, respectivamente. A estimativa da σ_p^2 na média dos dois locais mostra um valor bem inferior ao encontrado nos locais em separado, 53,1538 (g/planta)², o que se explica pelo fato de as estimativas por local serem superestimadas pela presença do componente da interação progênies x locais (σ_{pxl}^2) (Tabela 3).

De fato, a estimativa σ_{pxl}^2 correspondeu a 45,5% e 57,6% da σ_p^2 de Ijaci e Sete Lagoas, respectivamente. Deve ser salientado que o componente σ_{pxl}^2 , 55,0018 (g/planta)² foi de magnitude semelhante ao componente σ_p^2 estimado na média dos dois locais, o que vem reforçar a necessidade de se obter estimativas dos parâmetros genéticos em mais de um local (Tabela 3).

Uma forma de compreender melhor tal variância da interação consiste na decomposição em duas partes: uma simples, outra complexa (Vencovsky, 1978). Observou-se que do total do componente σ_{pxl}^2 , 98,64% deveram-se à interação complexa, mostrando que houve pouca concordância entre o desempenho médio das progênies nos dois locais, que apresentaram um coeficiente de correlação genética (r_G) de 0,49.

O efeito desta baixa concordância entre o desempenho médio das progênies nos dois locais pode ser visto mais claramente quando se comparam as 40 progênies selecionadas em cada local com as 40 selecionadas na

média dos dois locais, pois apenas seis foram comuns aos dois locais, o que corresponde a uma concordância de 15% das progênies selecionadas. Desconsiderando as seis progênies comuns aos dois ambientes, Ijaci contribuiu com mais 16 e Sete Lagoas com outras 15, correspondendo a uma participação de 40 e 37,5%, respectivamente. As três progênies que faltavam para completar 40 não haviam sido selecionadas para nenhum dos dois ambientes isolados e corresponderam a 7,5% das progênies selecionadas.

Outra maneira de visualizar o efeito da interação no processo seletivo é através da comparação do ganho esperado com a seleção feita na média dos dois locais, que seria 58,2 e 47,5% menor que os esperados com a seleção feita em cada local, ou seja, Ijaci e Sete Lagoas, respectivamente. No entanto, o ganho esperado com a seleção na média dos dois locais seria 17,88 e 30,40% superior à resposta correlacionada em Ijaci, quando a seleção fosse efetuada em Sete Lagoas e vice-versa (Tabela 4).

As diferenças observadas nas condições edafoclimáticas, aliadas à variabilidade genética existente entre as progênies, dão condição para que, existindo interação genótipos x ambientes, esta se expresse (Vencovsky, 1978).

No ciclo I esta estimativa foi de 212,6 (g/planta)² na média dos dois ambientes, valor que está de acordo com os encontrados na literatura (Ramalho, 1977; Hallauer & Miranda Filho, 1982) e sua magnitude, aliada à produtividade média das progênies, indicam o potencial da população CMS-39 para a continuação de seu programa de melhoramento.

Também foi constatado que a magnitude da σ^2_A obtida no ciclo I foi semelhante à relatada por Aguiar (1986) no ciclo zero. Esta situação de não-redução da σ^2_A do ciclo I em relação ao ciclo zero é pouco freqüente na literatura. Assim é que, de seis populações submetidas a mais de um ciclo de seleção, em Piracicaba, até 1977, o fato só ocorreu em duas, (Centralmex e ESALQ-VD-2), avaliadas por Segovia (1976) e Lima (1977), respectivamente. A exceção apresentada pela população Centralmex foi explicada por Segovia (1976) como causada por sua origem híbrida, que expressa toda a potencialidade no ciclo I de seleção.

No caso da CMS-39, apesar de algumas explicações encontradas na literatura (Paterniani, 1968; Webel & Lonnquist, 1967; Hallauer & MirandaFilho, 1982), acredita-se que provavelmente, a não-redução da σ^2_A deve-se, principalmente, ao fato de a seleção entre as progênies do ciclo zero ter sido feita na média de três ambientes, fazendo com que a variabilidade livre existente na população não fosse explorada em sua plenitude.

TABELA 3. Estimativas dos componentes da variância genética e fenotípica, nível de indivíduo (g/planta)², para o peso das espigas despalhadas.

Componentes ¹	Ijaci	Sete Lagoas	Média dos 2 locais
σ^2_e	576,8336	400,4731	483,6753
σ^2_p	120,8747±43,8985	95,4412 ± 31,1094	53,1538
σ^2_A	483,4988	381,7648	212,6152
σ^2_F	477,6155	343,0937	231,7538
$\sigma^2_{p \times l}$	-	-	55,0018
$\sigma^2_{A \times l}$	-	-	220,0072

¹ σ^2_e : estimativa da variância ambiental entre parcelas; σ^2_p : estimativa da variância genética entre progênies de meios-irmãos; σ^2_A : estimativa da variância genética aditiva; σ^2_F : estimativa da variância fenotípica entre médias de progênies de meios-irmãos; $\sigma^2_{p \times l}$: estimativa da variância da interação progênies x locais; $\sigma^2_{A \times l}$: estimativa da variância da interação aditiva x locais.

TABELA 4. Ganhos esperados na seleção (GS), feita em cada local, na média dos locais e a resposta correlacionada (RC) no local 1 quando a seleção é efetuada no local 2 e vice-versa.

Local	Média geral	GS		GS%	RC	
	(g/planta)	(g/planta)	(%) ¹		(g/planta)	(%) ¹
Ijaci	151,8324	9,7021	(158,21)	6,39	5,0362 ²	(82,12)
Sete Lagoas	157,0992	9,0489	(147,56)	5,76	4,2685 ³	(69,60)
Média dos 2 locais	154,4700	6,1325	(100,00)	3,97	-	-

¹ Percentual em relação ao GS obtido na seleção feita na média dos locais.

² Resposta correlacionada em Ijaci, quando a seleção é feita em Sete Lagoas.

³ Resposta correlacionada em Sete Lagoas quando a seleção é feita em Ijaci.

É normalmente esperado que um tipo de progênie que libera pouca variabilidade, como é o caso das progênies de meios-irmãos, apresente uma pequena interação genótipos x ambientes (Comstock & Moll, 1963), no entanto, são encontrados na literatura casos em que essa interação assumiu valores de até 88,88% da σ^2_A (Hallauer & Miranda Filho, 1982). Neste trabalho, as estimativas estão de acordo com as encontradas na literatura. Assim é que no ciclo I a σ^2_{px1} teve a mesma magnitude da σ^2_p , sendo ainda da mesma magnitude da σ^2_{px1} estimada para o ciclo zero, no qual, segundo Aguiar (1986), correspondeu a 75,19% da σ^2_p .

No melhoramento, a interação genótipos x ambientes é um dos principais problemas, e o seu efeito é especialmente prejudicial ao melhorista, quando é advinda da falta de correlação entre o material selecionado de um ambiente para o outro, representando a chamada parte complexa da interação. Neste trabalho foi encontrado um coeficiente de correlação genética (r_G) de 0,49, da mesma magnitude do obtido por Aguiar (1986), $r_G = 0,41$, e ao se estudar a decomposição da σ^2_{px1} verificou-se que 98,64% e 70,70% do total se deviam à parte complexa da interação, no ciclo I e ciclo zero, respectivamente. No entanto, é pela verificação das respostas correlacionadas na produção em peso das espigas despalhadas num ambiente, se a seleção fosse efetuada no outro ambiente e vice-versa, que o efeito da interação complexa pode ser melhor visualizado, pois comparando-as com o ganho esperado com a seleção na média dos dois ambientes seriam em média 24,14% menores, reforçando os apontamentos de Rosielle & Hamblin (1981), de que, na maioria dos casos, a seleção feita na média dos ambientes é a decisão mais acertada, pois normalmente é acompanhada de um aumento na média dos dois ambientes, a despeito de conduzir a maiores ganhos quando feita para ambientes específicos, como constatado por Ferrão et al. (1995a, 1995b), entre outros.

Constatou-se desse modo que para uma população de ampla base genética, como é o caso da CMS-39, a interação pode assumir magnitudes comprometedoras do processo seletivo e ao mesmo tempo das estimativas dos parâmetros genéticos. É possível inferir que para outras populações a interação pode ser até de maior magnitude, pois a CMS-39 se originou da recombinação de materiais de bom comportamento em ensaios conduzidos em diversas condições de cultivo, apresentando genes para adaptação em diversos ambientes.

Como já considerado por Aguiar (1986), com respeito ao procedimento a ser tomado pelo melhorista na presença da interação, dois pontos devem ser observados. Se o objetivo do programa for a adaptação específica, uma seleção deverá ser feita para cada ambiente. Por sua vez, se o objetivo for a adaptabilidade ampla do material, a seleção deverá ser baseada na média dos ambientes, a menos que os ambientes envolvidos sejam tão discrepantes que venham a forçar o melhorista a ficar com a primeira opção, como relataram Carvalho et al. (1994).

No caso da escolha pela adaptabilidade ampla, para atenuar o efeito da interação é necessário avaliar as populações em várias localidades e por vários anos. Isto exige a condução de diversos experimentos, que além da necessidade adicional de recursos humanos e financeiros, exigirá a disponibilidade de maior quantidade de sementes. Tal aspecto limita o número de locais e anos em que os experimentos poderão ser conduzidos, a menos que se use a técnica das microparcels propostas por Chaves (1985), tomando-se ainda o cuidado de escolher ambientes representativos da região para a qual o material será adaptado, como salientado por Aguiar (1986).

Outra provável maneira para atenuar o efeito da interação, seria a seleção de materiais com ampla estabilidade de produção, antes do seu uso na síntese dos compostos.

CONCLUSÃO

As estimativas dos componentes da variância da interação progênes x locais (σ^2_{pxl}) e da variância genética entre progênes de meios-irmãos (σ^2_p) no segundo ciclo não sofrem alterações significativas em relação às obtidas no ciclo anterior.

AGRADECIMENTOS

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e à Fundação de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e à Extensão (FAEPE), pelo auxílio na implantação e condução dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P.A. de. **Avaliação de progênes de meios-irmãos da população de milho CMS-39 em diferentes condições de ambiente**. Lavras: ESAL, 1986. 69p. Tese de Mestrado.
- ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Eddgard Blücher, 1971. 381p.
- AYALA OSUNA, J.; ARAÚJO, S.M.C.; CAGNIN, F. Seleção de progênes de meios-irmãos da população composto flint de milho (*Zea mays* L.) em solo ácido. **Científica**, v.9, p.145-148, 1981.
- CARVALHO, H.W.L. de; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X. dos; GAMA, E.E.G. e; MAGNAVACA, R. Três ciclos de seleção entre e dentro de progênes de meios-irmãos de milho na população de milho BR-5028 - São Francisco, no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.11, p.1727-1733, 1994.
- CHAVES, L.J. **Tamanho da parcela para a seleção de progênes de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 148p. Tese de Mestrado.
- COMSTOCK, R.E.; MOLL, R.L. Genotype environment Interactions. In: HANSON, W.D.; ROBINSON, H.F. (Eds.). **Statistical genetics and plant breeding**. Washington: National Academy of Science, 1963. p.164-196.
- CUNHA, M.A.P. **Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos de milho (*Zea mays* L.) ESALQ HV-1**. Piracicaba: ESALQ, 1976. 84p. Tese de Mestrado.
- FERRÃO, R.G.; GAMA, E.E.G. e; COSTA, A. de F.S. da; SANTOS, J.A.C.; FERRÃO, M.A.G. Estimativas de parâmetros genéticos em dois ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho (*Zea mays* L.) EEL₂. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7, p.957-962, 1995a.
- FERRÃO, R.G.; GAMA, E.E.G. e; FERRÃO, M.A.G.; SANTOS, J.A.C. Três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho EEL₄. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.9, p.1195-1200, 1995b.
- 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**. Ames: Iowa State University, 1982. Cap. 5, p.115-158.
- LIMA, M. **Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho (*Zea mays* L.) ESALQ VD-2**. Piracicaba: ESALQ, 1977. 71p. Tese de Mestrado.
- MIRANDA, L.T.; MIRANDA, L.E.C. de; POMMER, C.V.; SAWAZAKI, E. Oito ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no milho IAC-1. **Bragantia**, v.36, p.187-196, 1977.
- PATERNIANI, E. **Avaliação do método de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos no melhoramento de milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: SP: ESALQ, 1968. 92p. Tese de Mestrado.
- PATERNIANI, E. Selections among and within half-sib families in a Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.7, p.212-216, 1967.
- RAMALHO, M.A.P. **Eficiência relativa de alguns processos de seleção intrapopulacional no milho baseados em famílias não endógamas**. Piracicaba: ESALQ, 1977. 122p. Tese de Doutorado.

- ROSIELLE, A.A.; HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress Environments. **Crop Science**, v. 21, p.943-946, 1981.
- SEGOVIA, R.T. **Seis ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos no milho (*Zea mays* L.). Centralmex**. Piracicaba: ESALQ, 1976. 98p. Tese de Doutorado.
- SILVA, J. **Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos no milho Cateto Colômbia Composto**. Piracicaba: ESALQ, 1969. 74p. Tese de Mestrado.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. Cap.5, p.122-201.
- VIANNA, R.T.; SILVA, J.C. Comparações de três métodos estatísticos de análise de variância em experimentos em “lattice” em milho (*Zea mays* L.). **Experientiae**, v.24, p.21-41, 1978.
- WEBEL, O.D.; LONNQUIST, J.H. An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.7, p.651-655, 1967.