

DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE LINHAGENS PARCIALMENTE ENDOGÂMICAS DE MILHO EM REGIÕES DOS ESTADOS DE RORAIMA E MINAS GERAIS¹

AGNALDO DONIZETE FERREIRA DE CARVALHO²
JOÃO CÂNDIDO DE SOUZA³
PEDRO HÉLIO ESTEVAM RIBEIRO⁴

RESUMO – Entre as alternativas de tipos de híbridos de milho (*Zea mays* L.), os que envolvem linhagens parcialmente endogâmicas (LPE) S₂ possuem a vantagem de maior rapidez na obtenção, se comparados com linhagens de endogamia completa. Essas LPE S₂ podem ser obtidas a partir de qualquer tipo de população, porém, uma boa opção seria aquelas derivadas de híbridos simples comerciais, que associam produtividade e grande proporção de locos segregantes. Com esse intuito, o presente trabalho foi conduzido visando à avaliação de híbridos de LPE S₂ derivados de três híbridos simples comerciais. Para obtenção dos híbridos, foram selecionados 30 LPE S₂ de três populações distintas das cultivares híbridas comerciais: AG-9012, C-333B e Z-8392. Os cruzamentos foram realizados em esquema de dialelo circulante, em que cada LPE S₂ de uma população foi cruzada com outras três LPE S₂ de outra população. Para os cruzamentos, as LPE S₂ foram semeadas em linha com dez metros cada uma. No aparecimento das primeiras espigas, as mesmas foram protegidas e, por ocasião da polinização, uma mistura de pólen de cada LPE S₂ foi utilizada para polinizar pelo menos dez plantas de uma outra população LPE S₂. Os híbridos obtidos foram avaliados em Boa Vista, Roraima e em Lavras, Minas Gerais, utilizando-se o delineamento lá-

tice simples 12x12, envolvendo os 135 híbridos LPE S₂ obtidos e mais nove testemunhas, sendo elas as gerações F₁ dos híbridos simples AG-9012, C-333B e Z-8392, um híbrido duplo (C 435) e cinco outros híbridos intervarietais. A parcela experimental foi constituída por uma linha de três metros de comprimento, espaçada de 90 cm entre linhas e permanecendo um total de cinco plantas por metro linear após o desbaste. As seguintes variáveis foram avaliadas: peso de espiga despalhada (PESP), altura de planta (ALTP) e altura de espiga (ALTE). Para a PESP, 81% dos híbridos S₂ foram superiores às médias das testemunhas. Observou-se que 17% dos híbridos de LPE S₂ tiveram desempenho superior ao híbrido simples C-333B C (10,76 t/ha) e 46% apresentaram desempenho superior à testemunha C-435 (9,56 t/ha), um híbrido duplo amplamente utilizado nos dois estados. Para ALTP e ALTE, os resultados foram semelhantes a PESP, salientado que o contraste H vs T foi não-significativo, inferindo-se que os híbridos S₂ e as testemunhas apresentaram, em média, as mesmas ALTP e ALTE. Com esse fato, evidencia-se que os híbridos LPE S₂ são semelhantes aos híbridos comerciais e mostra o potencial da utilização desse tipo de híbridos no Brasil, que pode substituir com vantagens alguns híbridos comerciais disponíveis no mercado.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Milho híbrido, linhagem, dialelo, *Zea mays*.

PERFORMANCE OF HYBRIDS OF PARTIALLY ENDOGAMIC LINES S₂ OF MAIZE IN REGIONS OF THE STATES OF RORAIMA AND MINAS GERAIS

ABSTRACT – Among the types of maize hybrids those from S₂ families have the advantage of higher synthesis speed. S₂ families can be obtained from any

kind of population, but a good option are those derived from commercial single cross hybrids that associate productivity and many segregant loci. So, the objective

1. Trabalho de Iniciação Científica, realizado pelo primeiro autor – Lavras, MG.

2. Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas – UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS/UFLA – Caixa Postal 37 – 37200-000 – Lavras, MG.

3. DBI/UFLA. cansouza@ufla.br

4. Pesquisador do CNPMS-EMBRAPA Caixa Postal 151 – 35701-970 – Sete Lagoas, MG.

of the research way to evaluate hybrids derived from S_2 families descendant of three single cross hybrids. The selection of hybrids was attained from 30 S_2 families derived of three segregant populations descend of the commercial hybrids AG- 9012, C-333B and Z-8392. Three crossings were carried out using a circular partial diallel scheme, when each family from one population was crossed with three other families from other population. For the crossings the families had been sown, in line of 10 m long. When the first ear emerged, it was protected and during the pollination time a mixture of pollen of each family was used to pollinate at least ten plants of a family of an other population. The hybrids were evaluated in Boa Vista, Roraima state and Minas Gerais state, Brazil, using the simple lattice design 12x12, including 135 hybrids and nine checks. The checks were the F1 generation of the single cross hybrids AG 9012, C333 and Z 8392, a

INDEX TERMS: Hybrid maize, line, diallel, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O maior sucesso no melhoramento da cultura do milho foi obtido por meio da obtenção de híbridos, que entraram na agricultura americana por volta de 1940 e, no Brasil, poucos anos depois. A partir de então, anualmente, são produzidas novas combinações híbridas, que possuem vantagens adicionais sobre as preexistentes e, em consequência, nesses quase sessenta anos ocorreu progresso genético expressivo na espécie (RUSSEL, 1991; DUVICK, 1994; ARAÚJO, 1995).

Em um programa de híbridos, a etapa mais onerosa e demorada é a obtenção e avaliação das linhagens (MIRANDA FILHO e VIÉGAS, 1987). Uma das alternativas para se acelerar o processo é a obtenção de híbridos a partir de linhagens parcialmente endogâmicas (LPE) S_2 . Nesse caso, grande parte dos locos já está em homozigose e gastam-se apenas duas gerações de autofecundação. Na literatura há relatos do emprego desse tipo de híbrido (SOUZA JÚNIOR, 1998); contudo, no Brasil, a sua utilização comercial não foi ainda relatada.

O emprego desse tipo de híbrido, além de acelerar o processo de obtenção, permitirá a redução no custo de produção de sementes híbridas com evidentes vantagens para os produtores. Com o aumento do número de linhagens, o número de combinações híbridas possíveis, dado pela fórmula $n(n-1)/2$, torna-se inviável. Entretanto, existem novos métodos para identificação de combinações superiores (DANTAS, 1992).

double cross hybrid (435) and five other intervariety hybrids. Each plot had one line of 3 m long, with five plants per linear meter, and spaced of 90 cm. The fertilization and others cultural care were the usually employed in the maize culture. The evaluation was based on: weight of dehusked ear (WDE), plant height (PH) and ear height (EH). 81% of the hybrids were superior to the checks based on WDE, 17% outyielded the single cross hybrid C333B (10.76 t/ha), and 46% were superior to C 435 (9,56 t/ha) which is a double cross hybrid widely used in both states. The results considering PH and EH were similar to WDE, however, the interaction hybrids x checks was not significant. Considering the results the S_2 hybrids were similar to the commercial hybrids point out the potential of those hybrids for using in Brazil for replacing with advantage same commercial hybrids.

A etapa que exige maior esforço é a de avaliação das combinações das linhagens S_2 , que necessariamente envolve a realização de cruzamentos biparentais. Inicialmente Davis (1927) e posteriormente Jenkins e Brunson (1932) sugeriram que as linhagens fossem avaliadas por "Topcrosses". No entanto, existe uma grande dificuldade experimental devido ao grande número de genótipos a serem avaliados. Uma alternativa seria a utilização do dialelo completo, porém, Dantas (1992) alerta para o grande número de combinações híbridas que terão que ser avaliadas. Com isso, o mesmo autor menciona a possibilidade do uso de dialelos parciais, em que apenas uma amostra aleatória de um total de cruzamentos é avaliada. Com esse método, pode-se avaliar o potencial de combinações de progênies provenientes de populações distintas, como: meios irmãos, irmãos germanos e linhagens parcialmente endogâmicas.

A produção de híbridos de milho a partir de linhagens S_2 há muito tempo já é vista como uma possibilidade. Mota (1984) avaliou 300 híbridos de progênies de meios irmãos das populações Piranão-VD2 e Piranão-VF1 e salientou a capacidade da utilização desses materiais, já que 87% dos híbridos apresentaram superioridade em relação à testemunha, Piranão-VD2. Diante desses resultados, o autor propôs que fossem produzidos esses tipos de híbrido em nível interpopulacional, ressaltando que híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas devem apresentar as mesmas vantagens dos híbridos intervarie-

tais, possuindo ainda a chance de serem mais produtivos e uniformes.

Davis (1927) observou que, depois de sucessivas avaliações endogâmicas, na geração S_2 , já havia fixação de alguns caracteres, como produção de grãos em combinações híbridas. Além do mais, as linhagens parcialmente endogâmicas S_2 apresentaram produção de grãos 70% superior do que as suas derivadas S_5 . Loeffel (1964) e Stangland e Russel (1981) demonstraram que cruzamentos $S_2 \times S_2$ foram mais uniformes que híbridos duplos, além de apresentarem rendimento semelhante às suas derivadas completamente endogâmicas.

Carlone e Russel (1988) mencionaram que linhagens S_2 foram mais produtivas, mais resistentes às variações ambientais, apresentaram menor interação com o ambiente e como desvantagem para a sua utilização, está a dificuldade de mantê-las.

Welhausen (1954) verificou que os primeiros híbridos duplos e triplos utilizados no México eram provenientes de linhagens parcialmente endogâmicas S_1 . Medina (1990) conclui que a produção de híbridos a partir de linhagens S_2 foi uma alternativa barata e lucrativa para programas em desenvolvimento, após ter avaliado híbridos $S_1 \times S_1$ a $S_4 \times S_4$, e não ter encontrado diferenças significativas.

O presente trabalho foi conduzido em Boa Vista, Roraima e Lavras, Minas Gerais, visando à avaliação de híbridos de linhagens S_2 derivados de três híbridos simples comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção dos híbridos, foram selecionadas 30 famílias S_2 de três populações derivadas de híbridos simples comerciais: AG 9012 (A), C-333B (B) e Z-8392 (C). Os cruzamentos foram realizados em esquema de diálio circulante (CRUZ e REGAZZI, 1997), em que cada família de uma população foi cruzada com outras três famílias de outra população. Para os cruzamentos, as famílias foram semeadas em uma linha com dez metros de comprimento. No aparecimento das espigas, essas foram protegidas e, por ocasião da polinização, uma mistura de pólen de dez plantas (A) foi utilizada para polinizar pelo menos 10 plantas de uma família da outra população (B) ou (C). No mesmo campo, realizou-se o intercruzamento de 20 plantas de todas as famílias para sua manutenção.

Os híbridos obtidos foram avaliados no ano agrícola 2000/2001 em dois locais: Boa Vista, RR e Lavras, MG. Boa Vista está localizada a $02^{\circ}54'$ N de latitude, $60^{\circ}42'$ W de longitude e a 92 m de altitude. Lavras está situada a $21^{\circ}14'$ S de latitude, $40^{\circ}17'$ W de longitude e

914 m de altitude. Em Boa Vista, o experimento foi instalado no mês de maio e, em Lavras, na primeira quinzena do mês de novembro do ano de 2000. O delineamento experimental utilizado foi o de látice simples 12×12 , envolvendo os 135 híbridos de linhagens S_2 , as gerações F_1 dos híbridos simples, AG-9012, C-333B e Z-8392, o híbrido duplo C-435 e cinco outros híbridos intervarietais. A parcela foi composta por uma linha de 3 m, espaçada de 90 cm entre linhas, semeando-se dez sementes por metro linear, objetivando deixar cinco plantas por metro após o desbaste. O tamanho da parcela foi definido em função do número de sementes disponível dos cruzamentos, observando a implantação do experimento em dois locais. A adubação de plantio foi de 450 Kg da fórmula comercial 08-28-16 (NPK) + Zn. As adubações de cobertura foram realizadas aos 25 e aos 45 dias após o plantio, utilizando, como fonte de nitrogênio, sulfato de amônio (20%), nas dosagens de 40 Kg de N por aplicação. O controle de plantas daninhas foi feito com herbicida pós-plantio auxiliado por capinas manuais. O controle de pragas foi feito aos 25 dias após o plantio, com inseticida piretróide, com o objetivo de controlar a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Os caracteres avaliados foram: produção de espigas despalhadas (g/parcela) (PESP), altura de plantas (cm) (ALTP) e altura de espigas (cm) (ALTE). Os dados referentes ao peso de espiga despalhada foram corrigidos para umidade padrão de 13%, antes de serem submetidos à análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizaram-se inicialmente análises de variância individuais para cada caráter baseada nos locais. Nessas análises, a precisão experimental, baseada nos coeficientes de variação, oscilou entre 14,36 a 18,14% para PESP, de 5,97 a 6,86% para ALTP e de 9,64 a 14,24% para ALTE. Esses valores podem ser considerados adequados para a cultura do milho (GOMES, 1990; SCAPIM et al., 1995).

Com o objetivo de conhecer a interação dos híbridos com os ambientes, de posse das análises individuais, foi realizada a análise conjunta envolvendo os dois locais, segundo Ramalho et al. (2000).

Constatarem-se diferenças entre os híbridos de linhagens S_2 para produção de espigas despalhadas. Verificou-se também que a fonte de variação testemunhas foi significativa. Isso evidencia que houve comportamento diferente das testemunhas. Um fato marcante é a não-significância do contraste híbridos vs testemunhas (Tabela 1), o que mostra que o comportamento médio dos híbridos

de famílias S_2 foi semelhante ao das testemunhas. Na Figura 1, encontram-se a distribuição de frequências das médias para PESP e um quadro interno mostrando as produtividades médias das quatro testemunhas. Nota-se que a amplitude de variação foi bastante grande, de 4,22 a 12,88 t/ha na média dos dois locais. Considerando ainda o PESP, 81% dos híbridos S_2 foram superiores às médias das testemunhas. Observou-se que 17% dos híbridos S_2 tiveram desempenho superior ao híbrido simples C-333B (10,76 t/ha), que foi a testemunha com melhor desempenho e 46% foram superiores à testemunha C-435 (9,56 t/ha), um híbrido duplo, amplamente utilizado nos dois Estados. Resultados semelhantes foram mencionados por Dantas (1992), na avaliação de 300 híbridos interpopulacionais em dez experimentos; em 6 dos 10 locais obtiveram-se médias superiores dos híbridos interpopulacionais em relação à testemunha (Cargill – 511).

Na decomposição das fontes de variação, capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC), verificou-se que tanto a CGC como a CEC foram significativas (Tabela 1). Esse fato mostra ser possível selecionar famílias S_2 com grande CGC e selecionar famílias que se complementam por meio da CEC.

A distribuição da CEC (Figura 2) que variou de – 455,47 a 377,85 para o caráter PESP indicou uma variação de –17,76% a 14,74% em relação à média dos respectivos híbridos de linhagens S_2 . Resultados semelhantes foram encontrados por Dantas (1992), que trabalhando com híbridos intermediários, encontrou variação entre –13,9% a 11,85% da média geral para o mesmo caráter.

Foram verificadas também a ocorrência de interações das fontes híbridos, CGC e CEC com os ambientes. Essa forte interação também foi descrita por Araújo (1995), em que a CGC oriunda de um mesmo número de linhagens, em termos médios, um conjunto de híbridos simples, apresenta maior interação com o ambiente do que um conjunto de híbridos duplos (homeostase), ocorrendo o mesmo para a CEC devido a essa ser mais relacionada com cruzamentos específicos e efeitos de dominância. Esse fato dificulta a seleção de um híbrido para vários locais, porque os materiais avaliados não apresentaram um comportamento consistente nos locais estudados, ou seja, há uma mudança na classificação dos materiais nos locais avaliados. Assim, o ideal seria conduzir um programa de melhoramento específico para cada região, explorando essa interação em favor do melhoramento. Nesse caso particular, como os ambientes são muito contrastantes, deve-se prevalecer um programa para cada região.

TABELA 1 – Resumo da análise de variância conjunta de Lavras (MG) e Boa Vista (RR) para peso de espigas despalhadas (PESP) em gramas por parcela, altura de plantas (ALTP) e altura de espigas (ALTE) em centímetros.

	Quadrados Médios						
	GL	PESP		ALTP		ALTE	
Cultivares (C)	143	584163.42	**	717.75	**	799.08	**
Híbridos (H)	134	598113.43	**	734.91	**	820.73	**
CGC	89	655363.06	**	882.57	**	1081.79	**
CEC	45	484865.60	**	443.09	**	304.79	ns
Locais (L)	1	28874502.25	**	66435.06	**	17622.56	**
C x L	143	380683.01	**	288.36	*	19.29	ns
Testemunhas (T)	8	399350.00	*	518.94	*	534.82	*
H vs T	1	193369.50	ns	8.27	ns	11.93	ns
H x L	134	1415164.78	**	1195.17	**	1238.02	**
CGC x L	89	804663.91	**	587.94	**	633.51	**
CEC x L	45	515576.71	**	616.66	**	590.32	**
Erro	254	184481.14		226.44		227.39	
CV(%)		16.31		6.47		12.01	
Média		2564.18		230.78		124.94	

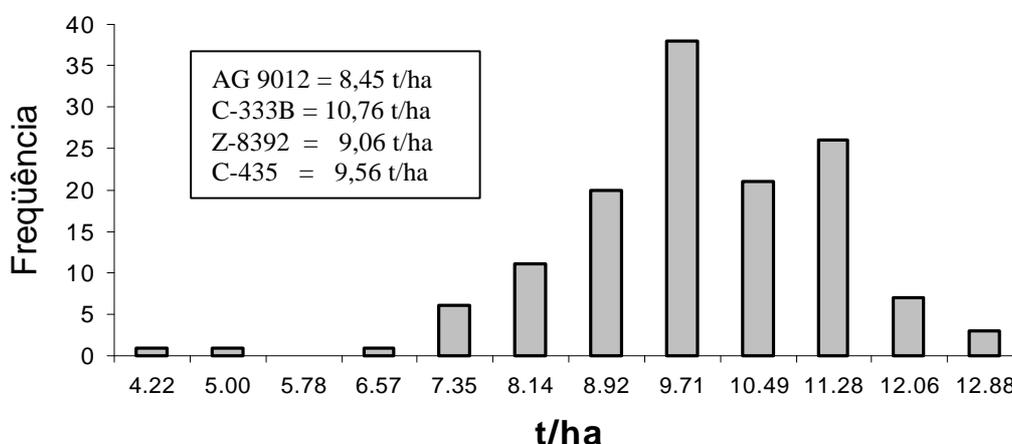


FIGURA 1 – Distribuição de frequências na avaliação de híbridos S_2 nos Estados de Roraima e Minas Gerais para produtividade média de espigas despalhadas (t/ha).

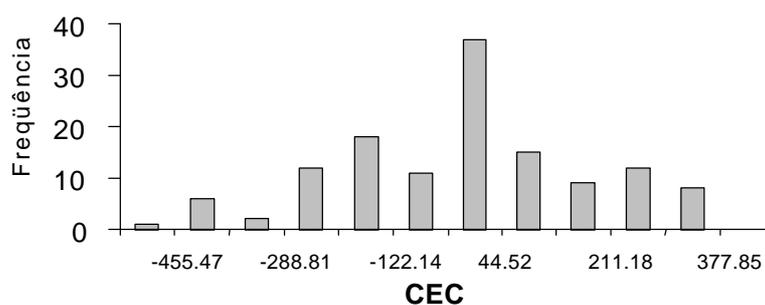


FIGURA 2 – Distribuição de frequências obtidas na avaliação de híbridos S_2 nos Estados de Roraima e Minas Gerais para CEC, considerando o peso de espigas despalhadas (t/ha).

Para ALTP e ALTE, os resultados foram semelhantes a PESP, salientando que o contraste H vs T foi não-significativo, indicando que os híbridos S_2 e as testemunhas apresentaram em média as mesmas ALTP e ALTE. Embora os resultados médios não se mostraram significativos, houve um comportamento médio superior dos híbridos S_2 em relação às testemunhas. No entanto, 17,06% e 38,71% dos materiais avaliados tiveram respectivamente ALTP e ALTE inferiores aos das testemunhas. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Dantas (1992), que citou a possibilidade de seleção, visando a reduzir ALTP e ALPE dentro desses híbridos, caso seja esse o objetivo do melhoramento.

CONCLUSÕES

a) Os híbridos de linhagens S_2 apresentaram alto potencial produtivo e altura de plantas e de espigas semelhantes às testemunhas.

b) Híbridos de linhagens S_2 podem substituir com vantagens alguns híbridos comerciais disponíveis no mercado.

c) A grande variabilidade genética para peso de espiga despalhada dos híbridos de linhagens S_2 possibilitou a seleção das progênes para desempenhos superiores em cruzamentos futuros.

d) O grande número de combinações híbridas superiores às testemunhas evidenciaram o grande potencial desse tipo de híbrido como concorrente direto de híbridos comerciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. S. de. **Ganhos genéticos obtidos em híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento no Brasil**. 1995. 64 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

- CARLONE, M. R.; RUSSEL, W. A. Evaluation of S_2 maize lines reproduced from several generation by random mating within lines: 1. comparisons between the original and maintained S_2 lines. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 6, p. 916-20, Nov./Dec. 1988.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- DANTAS, J. L. L. **Cruzamentos dialélicos parciais para avaliação de híbridos intermediários entre duas populações de milho (*Zea mays L.*)**. 1992. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.
- DAVIS, R. L. **Report of plant breeder**. Mayaguez: Puerto Rico Agricultural Experiment Station, 1927.
- DUVICK, D. N. Maize breeding: past, present and future. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1994, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CNPMS/EMBRAPA, 1994. p. 42.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 430 p.
- JENKINS, M. T.; BRUNSON, A. M. Methods of testing inbreed lines of maize in crossbred combinations. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v. 24, n. 7, p. 523-530, 1932.
- LOEFFEL, F. A. S_1 crosses compared with crosses of homozygous lines. In: CORN AND SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 19., 1964, Chicago. **Proceedings...** Washington: AMERICAN SEED TRADE ASSOCIATION, 1964. p. 95-104.
- MEDINA, S. A. V. **Avaliação de híbridos simples de milho (*Zea mays L.*) obtidos de linhagens com diferentes graus de endogamia**. 1990. 210 f. Dissertação (Mestrado) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PARTENIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 275-340.
- MOTA, M. G. C. **Potencialidade de um novo sistema de cruzamento a nível interpopulacional, com progênies de meios irmãos de milho (*Zea mays L.*)**. 156 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1984.
- RUSSEL, W. A. Genetic improvement of maize yields. **Advances in Agronomy**, Ames, v. 46, p. 245-299, 1991.
- RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.
- SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, maio 1995.
- SOUZA JÚNIOR, C. L. **Variâncias genéticas interpopulacionais e suas relações com a obtenção e seleção de híbridos**. 1998. 140 f. Tese (Livre docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1998.
- STANGLAND, G. R.; RUSSEL, W. Variability within single cross of S_2 and S_8 inbred lines of maize. **Maydica**, Bergamo, v. 26, n. 4, p. 227-238, 1981.
- WELHAUSEN, E. J. Modern corn breeding and production in Mexico. **Phytopatology**, Saint Paul, v. 44, n. 8, p. 391-395, Aug. 1954.