

## PREDIÇÃO DE GANHOS EM FAMÍLIAS DE MEIOS IRMÃOS DO MILHO-PIPOCA CMS 43<sup>1</sup>

MARIA JOSÉ GRANATE<sup>2</sup>  
COSME DAMIÃO CRUZ<sup>3</sup>

CLESO ANTÔNIO PATTO PACHECO<sup>4</sup>

**RESUMO** – Foram avaliadas 166 famílias de meios irmãos de milho-pipoca (*Zea mays* L.), da população CMS 43, em Sete Lagoas, Minas Gerais, em 1997-1998. O objetivo foi prever ganhos simultâneos nas características capacidade de expansão e produtividade e identificar características positivamente correlacionadas com esses dois caracteres. Usou-se o delineamento em blocos casualizados, com duas repetições e com testemunhas. Os

ganhos diretos preditos foram superiores aos ganhos correlacionados. Os descritores produtividade e capacidade de expansão foram negativamente correlacionados, inferindo-se que a seleção para um deles implicará em perdas prováveis na expressão do outro. O descritor altura de planta poderá ser usado na seleção indireta para aumento simultâneo de produtividade e capacidade de expansão.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** *Zea mays*, métodos de melhoramento, correlação entre caracteres, melhoramento de milho, resposta correlacionada.

## PREDICTION OF GENETIC GAINS FROM SELECTION ON POPCORN HALF-SIB FAMILIES OF CMS 43 POPULATION

**ABSTRACT** – 166 half-sib families of popcorn CMS 43 (*Zea mays* L.), population were evaluated at Sete Lagoas, Minas Gerais State, in 1997-1998. The objective was to predict the genetic gains on both expansion volume and yield and identification of traits positively correlated with these two traits. The families were evaluated in a randomized complete block design, with two replications

and with controls. The predicted direct gains were greater than the correlated gains. Yield and expansion volume were negatively correlated, so selection for one of these traits will probably cause undesirable changes in the other. Plant height may be used for indirect selection for both yield and expansion volume.

**INDEX TERMS:** *Zea mays*, breeding methods, trait correlation, maize breeding, correlated response.

### INTRODUÇÃO

O melhoramento do milho-pipoca (*Zea mays* L.) em Minas Gerais visa a obter variedades de alta produtividade e de alta qualidade, o que tem sido difícil porque há correlações genéticas negativas entre a produtividade e a qualidade da pipoca, que, em geral é avaliada pela característica capacidade de expansão. A capacidade de expansão e a produtividade têm sido consideradas as ca-

racterísticas de maior importância no melhoramento do milho-pipoca (Gama et al., 1990; Dofing et al., 1991).

O conhecimento da correlação entre caracteres é importante porque permite conhecer a influência que a seleção em uma característica terá sobre outras, aparentemente independentes. A correlação que pode ser observada diretamente é a fenotípica, a qual pode ser decomposta em correlação genética e correlação ambien-

1. Extraído da Tese de Doutorado, apresentada pelo primeiro autor à UFV – Viçosa, MG.

2. Engenheiro Agrônomo, D.S., EPAMIG/CTZM – Vila Gianetti, 46, Campus Universitário – 36571-000 – Viçosa, MG.

3. Engenheiro Agrônomo, D.S., Departamento de Biologia Geral, UFV – 36571-000 – Viçosa, MG.

4. Engenheiro Agrônomo, D.S., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, 35701-970 – Sete Lagoas, MG.

tal. Os dois tipos de correlações podem ter valores muito diferentes e até sinais contrários, tornando necessária a quantificação da correlação genética. Uma característica com baixa herdabilidade ou difícil de medir pode mais facilmente sofrer melhoramento genético se estiver altamente correlacionada com outra de alta herdabilidade e fácil medição, e a seleção incidir sobre essa outra (Cruz & Regazzi, 1994).

O aumento da demanda de milho-pipoca e da respectiva importação bem como o potencial econômico dessa cultura indicam a necessidade do desenvolvimento de variedades brasileiras de alta qualidade. O milho-pipoca produzido no Brasil ainda é inferior ao importado, principalmente quanto à qualidade da pipoca (Pacheco et al., 1996).

Objetivou-se com este trabalho prever ganhos simultâneos nas características capacidade de expansão e produtividade e identificar características positivamente correlacionadas com a capacidade de expansão e a produtividade, que podem ser utilizadas na seleção indireta para a predição de ganhos simultâneos nessas duas características, na população de milho-pipoca CMS 43.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Em 1997-1998, foram conduzidos ensaios com 166 famílias de meios irmãos do composto de milho-pipoca CMS 43 e com testemunhas, na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, em Sete Lagoas. Esse composto foi obtido pela recombinação de materiais superiores e tolerantes às principais doenças existentes no Banco de Germoplasma do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, sofrendo vários ciclos de seleção (Pacheco et al., 1998). As testemunhas foram a variedade comercial Zélia e a população de milho CMS 43 do ciclo anterior. Cada parcela constou de uma fileira de 5 m, com 50 sementes por parcela, em 25 covas espaçadas 0,20 m, com espaçamento entre fileiras de 0,90 m. O plantio foi manual e o estande ideal após o desbaste foi de 25 plantas por fileira. Fizeram-se capinas com tração mecanizada quando necessário. Os ensaios receberam adubação de plantio de 350 kg/ha, com adubo NPK 4-14-8 e de cobertura com 250 kg/ha de sulfato de amônio, após o desbaste. A colheita foi manual, após a maturação fisiológica. As avaliações dos seguintes caracteres referem-se a cada parcela e foram feitas na época da colheita: ALTP – altura de planta, média das medições feitas do nível do solo à inserção da folha bandeira, em 6 plantas competitivas tomadas ao acaso, em cm, ALTES – altura da espiga,

média das distâncias do nível do solo até à inserção da espiga, nas mesmas 6 plantas, em cm, PRE – posição relativa da espiga, razão entre a altura da espiga e a altura da planta, AC – número de plantas acamadas, contagem das plantas com ângulo de inclinação superior a 45° em relação à vertical, QUE – número de plantas cujo colmo se apresenta quebrado, EST – estande, número de plantas existentes, NESP – número de espigas colhidas, PROLI – prolificidade, razão entre o número de espigas colhidas e o número de plantas existentes, PRODU – produtividade, peso dos grãos debulhados por unidade de área, expresso em kg/ha, CE – capacidade de expansão, razão entre o volume de pipoca expandida e o volume de grãos antes do pipocamento; para isso, uma amostra de 30 ml de grãos foi tomada de cada parcela, medida em proveta graduada, estourada em pipoqueira elétrica, regulada automaticamente para 237°C e o volume da pipoca expandida foi medido em proveta graduada de 1000 ml.

As análises de variância foram realizadas considerando o delineamento em blocos ao acaso com testemunhas adicionais. Foram avaliados 179 tratamentos, que incluem as 166 famílias de meios irmãos que se pretendiam avaliar, consideradas efeito aleatório, e 13 tratamentos com as testemunhas, consideradas efeito fixo.

Foram utilizados, para a predição do ganho direto e do ganho indireto, os estimadores baseados no diferencial de seleção. Para o ganho direto:

$GS = (\bar{X}_{si} - \bar{X}_{oi})h_i^2 = DS_i h_i^2$  em que  $\bar{X}_{si}$  é a média das famílias selecionadas para a característica  $i$ ;  $\bar{X}_{oi}$  é a média da população original;  $DS_i$  é o diferencial de seleção praticado na população;  $h_i^2$  é a herdabilidade da característica  $i$ , em nível de família de meios irmãos. Para o ganho indireto na característica  $j$ , por seleção na característica  $i$ :  $GS_{j(i)} = DS_i \frac{Cov_{G(i,j)}}{\hat{\sigma}_{Fi}^2}$ , em que  $Cov_{G(i,j)}$  é a covariância genética entre as características  $i$  e  $j$  e  $\hat{\sigma}_{Fi}^2$  é a variância fenotípica da característica  $i$  (Cruz & Regazzi, 1994).

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se a existência de variabilidade genética significativa em relação aos principais caracteres (Tabela 1). Andrade (1996), trabalhando com milho-pipoca e com

os mesmos caracteres, obteve significância a 1%, com exceção de número de plantas por parcela. Os coeficientes de variação das características ALTP, ALTES, NESP, PROLI e PRODU são médios, segundo critério de Scapim et al. (1995). Os coeficientes de variação para AC e QUE são altos, o que se justifica por causa da grande influência exercida pelo ambiente, de modo heterogêneo, nas várias parcelas, sobre essas variáveis, como, por exemplo, rajadas de ventos ou a passagem de trabalhadores capinando.

As médias das famílias foram superiores às médias das testemunhas para a maioria das características (Tabela 1). A média da CE esteve acima da média mínima para comercialização, que é 15 (Pacheco et al., 1996). A superioridade das médias das famílias nos caracteres ALT, ALTES, PRE e AC não é desejável, pois são os caracteres que se pretendem diminuir. As estimativas das herdabilidades, em nível de médias de famílias, são maiores nos caracteres NESP, PROLI, PRODU e CE. Apesar de as estimativas da herdabilidade serem intrínsecas de uma população, são também influenciadas pelas condições do meio em que a população foi avaliada. Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores aos encontrados por outros autores (Carvalho et al., 2000; Sawasaki, 1996; Pacheco et al., 1998; Santos et al., 1993), considerando-se tal fato indicativo de baixa variabilidade genética disponível na população CMS 43, o que proporciona ganhos preditos relativamente pequenos, quando se usou a estratégia de famílias de meios irmãos. Entretanto, a população CMS 43 apresenta valores de produtividade satisfatórios, indicando que se deve investir no melhoramento das demais características, com vista à obtenção de variedades comerciais. O aumento da variabilidade pode ser obtido por meio da estratégia do uso de famílias de irmãos completos ou famílias  $S_1$  que, apesar de serem mais trabalhosas, exploram maior proporção da variância genética aditiva. O aproveitamento da população CMS 43 em programas de seleção recorrente recíproca, visando a aproveitar a complementaridade gênica das populações disponíveis, é uma alternativa. Os caracteres NESP, PROLI, PRODU e CE são os que apresentam as razões  $CV_g/CV$  mais próximas da unidade, sendo essa proximidade interpretada como uma condição favorável ao melhoramento.

As correlações genotípicas entre os caracteres estatisticamente significativos, avaliados nas análises de variância dos experimentos, são apresentadas na Tabela

2. A correlação entre as características PRODU e NESP foi elevada e a correlação do caracter PRODU com o caracter QUE foi negativa, o que é habitual. As correlações entre a característica CE e os outros caracteres, com exceção de QUE, foram negativas, e de valor absoluto baixo. Esse fato indica dificuldades para o melhoramento, mas não o impossibilita (Ziegler & Ashman, 1994). Esses autores informam que, entre os materiais (híbridos, sintéticos e linhagens) avaliados no programa de melhoramento da Universidade de Iowa, entre 1987 e 1990, 500 entradas apresentavam correlação de  $-0,2$  entre rendimento e capacidade de expansão; outras 509 entradas apresentavam essa correlação de  $0,4$ . Nessas mesmas 509 entradas, a correlação entre altura de planta e capacidade de expansão era  $0,2$ . A correlação estimada entre as características PRODU e CE foi negativa ( $-0,38$ ) e de um valor intermediário entre os valores de  $-0,18$  e  $-0,84$  estimados por Pajic & Babic (1991, 1994), respectivamente. Zanette (1989) não obteve correlações estatisticamente significativas entre a produção de grãos e a capacidade de expansão, ao avaliar sete linhas de milho-pipoca e os respectivos híbridos, em um dialelo.

As estimativas dos ganhos genéticos, por seleção direta e indireta nos caracteres PRODU e CE, são apresentadas na Tabela 3. A seleção em PRODU, para o aumento dessa característica, deve também provocar ganhos em quase todas as outras, com exceção de AC, QUE e CE. O resultado esperado após a seleção pode ser considerado bom, visto que prevê  $5513,58$  kg/ha de produtividade superiores à média obtida no ciclo de seleção anterior, de  $3821,26$  kg/ha (Pacheco et al., 1998). A diminuição nos caracteres AC e QUE são de interesse para o melhoramento, mas as perdas em CE são indesejáveis. Em milho comum, a predição de ganhos por seleção para aumento do caráter peso de espigas produz aumento de  $19,21\%$  nesse caráter, aumento de  $0,35\%$  no caráter ALTP e de  $0,58\%$  no caráter ALTES (Cruz et al., 1993). A seleção praticada na característica CE deve produzir ganhos nessa característica, mas perdas em quase todas as outras, incluindo a produtividade. O resultado esperado para a característica CE será de  $23,58$  que, embora represente um progresso de  $7,36\%$ , é um valor de capacidade de expansão quase igual ao da variedade comercial Zélia, que apresentou  $23,44$  de CE em Sete Lagoas. Lira (1983) estimou o progresso esperado em  $118,7\%$  em relação à testemunha, no caráter ca-

TABELA 1 – Resumo das análises de variância e estimativas dos parâmetros genéticos dos caracteres avaliados em famílias de meios irmãos do milho-pipoca CMS 43, em Sete Lagoas, no ano agrícola de 1997-1998.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios <sup>1</sup>									
		ALTP	ALTES	PRE	AC	QUE	EST	NESP	PROLI	PRODU	CE
Blocos	1	44469,5	6453,6	0,03762	16,6	142,7	21,6	2877,7	6,43	62626621	4,9
Tratamentos	178	629,8*	391,7**	0,004ns	15,7ns	8,6ns	1,7ns	22,7**	0,0576**	1394539**	10,0**
Famílias	165	574,6 $\phi$	328,3 $\phi$	0,003ns	16,2ns	8,8 $\phi$	1,6ns	23,9**	0,0604**	1414119**	10,2**
Testemunhas	12	878,4*	797,5**	0,005 $\phi$	10,1ns	5,4ns	2,7*	7,6ns	0,0234ns	595121ns	7,8ns
Família vs Testemunhas	1	6742,78**	5990,9**	0,021*	0,5ns	6,2ns	3,4ns	12,5ns	0,0032ns	7756735**	10,1ns
Resíduo	178	471,8	268,8	0,003	14,4	7,1	1,5	10,8	0,0296	812911	5,49
Média geral		224,16	137,16	0,61	5,6	3,9	18,9	22,3	1,182	4917	22,01
Média das Famílias		225,38	138,30	0,62	5,6	3,8	18,9	22,4	1,183	4958	21,97
Média das Testemunhas		208,65	122,54	0,59	5,4	4,3	18,5	21,7	1,171	4391	22,62
CV%		9,69	11,95	9,56	68,19	6,45	14,71	14,55	18,33	10,65	
Estimadores		Estimativas dos parâmetros genéticos									
		ALTP	ALTES	PRE	AC	QUE	EST	NESP	PROLI	PRODU	CE
$\hat{\sigma}_f^2$ (média)		287,32	164,13	0,002	8,12	4,40	0,81	11,95	0,030	707059	5,10
$\hat{\sigma}_f^2$ (média)		235,90	134,40	0,002	7,19	3,55	0,74	5,39	0,014	406455	2,75
$\hat{\sigma}_g^2$ (média)		51,42	29,73	0,00002	0,93	0,85	0,07	6,56	0,015	300604	2,35
$h^2$ (média família)%		17,90	18,12	1,21	11,40	19,29	8,44	54,90	51,08	42,51	46,10
CV <sub>f</sub> %		3,18	3,94	0,74	17,26	23,99	1,38	11,45	10,50	11,06	6,98
CV <sub>g</sub> /CV		0,33	0,33	0,08	0,25	0,34	0,21	0,78	0,72	0,61	0,65

<sup>1</sup>ALTP – altura de planta em cm; ALTES – altura de espiga em cm; PRE – posição relativa da espiga; AC – número de plantas acanadas por parcela; QUE – número de plantas quebradas por parcela; EST – número de plantas por parcela; NESP – número de espigas por parcela; PROLI – número de espigas por planta; PRODU – peso das espigas, expresso em kg/ha; CE – capacidade de expansão; ns, \*\*, \* e  $\phi$  – não-significativo pelo teste F, significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, significativo a 5% de probabilidade pelo teste F e significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

**TABELA 2** – Estimativas das correlações genótípicas dos caracteres estatisticamente significativos avaliados em famílias de meios irmãos do milho-pipoca CMS 43, em Sete Lagoas, no ano agrícola de 1997-1998.

Características	ALTP	ALTES	QUE	NESP	PROLI	PRODU	CE
ALTP	1,0000	0,9662	-0,8707	0,7850	0,7409	0,7143	-0,1200
ALTES		1,0000	-0,6169	indeterminado	0,9836	0,7938	-0,1453
QUE			1,0000	0,5533	0,6222	-0,0670	0,0903
NESP				1,0000	indeterminado	0,9071	-0,3077
PROLI					1,0000	0,9731	-0,3024
PRODU						1,0000	-0,3827
CE							1,0000

**ALTP** – altura de planta em cm; **ALTES** – altura de espiga em cm; **QUE** – número de plantas quebradas por parcela; **NESP** – número de espigas por parcela; **PROLI** – número de espigas por planta; **PRODU** – peso das espigas, expresso em kg/ha; **CE** – capacidade de expansão.

pacidade de expansão, mas a testemunha que utilizou tinha 13 de CE, e o valor de CE a ser atingido seria de 22. As médias preditas de CE, para os quatro melhores compostos propostos por Sawazaki (1996), são entre 28,20 e 29,36, variando a produtividade predita entre 2949 kg/ha e 3378kg/ha.

As estimativas dos ganhos por seleção nas outras características são apresentadas na Tabela 4. Quando a seleção for exercida sobre ALTP, para a sua diminuição, deve produzir aumento em PRODU e em CE, sendo essa a situação mais desejável, pois se conseguiu predição de ganhos simultâneos, embora reduzidos. Esse ca-

ráter pode ser utilizado para a seleção indireta visando ao aumento simultâneo de PRODU e CE. A seleção indireta no carácter QUE, no sentido do seu decréscimo, provocou pequena diminuição em PRODU; por outro lado, causou pequenos acréscimos em CE, o que é vantajoso. Quando o carácter selecionado foi NESP, os ganhos preditos foram de aumento em PRODU, mas de perda em CE. Cruz et al. (1993) estimaram o maior ganho predito por seleção direta para rendimento de espigas, mas que não era acompanhado por ganhos satisfatórios nas outras características.

**TABELA 3** – Estimativas dos ganhos por seleção direta e indireta nos caracteres produtividade e capacidade de expansão avaliados em famílias de meios irmãos do milho-pipoca CMS 43, em Sete Lagoas, no ano agrícola de 1997-1998.

Seleção em	Estimador <sup>2</sup>	Ganhos em <sup>1</sup>									
		ALTP	ALTES	PRE	AC	QUE	EST	NESP	PROLI	PRODU	CE
PRODU	GS	5,18	4,38	0,005	-0,66	-0,06	0,02	2,35	0,12	555,02	-0,59
PRODU	GS%	2,30	3,17	0,79	-11,78	-1,63	0,09	10,51	10,35	11,19	-2,70
CE	GS	-0,91	-0,83	-0,0006	0,38	0,09	-0,08	-0,83	-0,04	-221,16	1,61
CE	GS%	-0,40	-0,60	-0,10	6,83	2,28	-0,42	-3,71	-3,35	-4,46	7,36

<sup>1</sup>ALTP – altura de planta em cm; ALTES – altura de espiga em cm; PRE – posição relativa da espiga; AC – número de plantas acamadas por parcela; QUE – número de plantas quebradas por parcela; EST – número de plantas por parcela; NESP – número de espigas por parcela; PROLI – número de espigas por planta; PRODU – peso das espigas, expresso em kg/ha; CE – capacidade de expansão.

<sup>2</sup>GS – ganho por seleção, GS% – ganho por seleção percentual.

**TABELA 4** – Estimativas dos ganhos percentuais, por seleção direta e indireta, nos caracteres avaliados em famílias de meios irmãos do milho-pipoca CMS 43, em Sete Lagoas, no ano agrícola de 1997-1998.

Critério de seleção <sup>1</sup>	Seleção em <sup>2</sup>	Estimador <sup>3</sup>	Ganho em	
			PRODU	CE
D	ALTP	GS	257,23	0,19
D	ALTP	GS%	5,19	0,88
D	QUE	GS	-26,06	0,09
D	QUE	GS%	-0,51	0,43
A	NESP	GS	572,11	-0,54
A	NESP	GS%	11,54	-2,47
A	PRODU	GS	555,02	-0,59
A	PRODU	GS%	11,19	-2,70
A	CE	GS	-221,16	1,61
A	CE	GS%	-4,46	7,36

<sup>1</sup>A – acréscimo; D – decréscimo. <sup>2</sup>ALTP – altura de planta em cm; QUE – número de plantas quebradas por parcela; NESP – número de espigas por parcela; PRODU – peso das espigas, expresso em kg/ha; CE – capacidade de expansão. <sup>3</sup>GS – ganho por seleção; GS% – ganho por seleção percentual.

### CONCLUSÕES

Não foi possível a predição de ganhos simultâneos por seleção direta.

b) A seleção direta na característica capacidade de expansão deverá provocar mudanças desfavoráveis de pequena magnitude na produtividade. A seleção direta para produtividade poderá causar perdas de pequena grandeza na capacidade de expansão.

c) A característica ALTP (altura de planta) pode ser usada na seleção indireta para aumento simultâneo de produtividade e de capacidade de expansão, mas com ganhos preditos inferiores aos ganhos por seleção direta.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. A. **Cruzamentos dialélicos entre seis variedades de milho-pipoca**. 1996. 79 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, H. W. L., SANTOS, M. X., LEAL, M. L. S., CARVALHO, P. C. L. Melhoramento genético na cul-

var de milho BR 5033 – Asa Branca no nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1417-1425, 2000.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1994. 390 p.

CRUZ, C. D., VENCOVSKY, R., OLIVEIRA E SILVA, S., TOSELLO, G. A. Comparison of gains from selection among corn progenies, based on different criteria. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 1, p. 79-89, 1993.

DOFING, S. M., D'CROZ-MASON, N., THOMAS-COMPTON, M. Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 715-718, 1991.

GAMA, E. E., MAGNAVACA, R., SILVA, J. B., SANS, L. M. A., VIANA, P. F., PARENTONI, S. N., PACHECO, C. A. P., CORREA, L. A., FERNANDES, F. T. Milho-pipoca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 12-16, 1990.

- LIRA, M. A. **Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. 1983. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- PACHECO, C. A. P., CASTOLDI, F. L., ALVARENGA, E. M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 267-270, 1996.
- PACHECO, C. A. P., GAMA, E. E. G., GUIMARÃES, P. E. O., SANTOS, M. X., FERREIRA, A. S. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1995-2000, 1998.
- PAJIC, Z., BABIC, M. Interrelation of popping volume and some agronomic characteristics in popcorn hybrids. In: EUCARPIA, 8., 1991, Brno. **Proceedings...** Hrusovany: Pesek J. 1991. p. 387-394.
- PAJIC, Z., BABIC, M. Popcorn hybrids – development and utilization. **Selekcija i semenarstvo**, Belgrado, v. 1, n. 1, p. 21-24, 1994.
- SANTOS, N. T., SILVA, J. C., CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J., SILVA, C. H. O. Comparação de ganhos genéticos em populações de milho testadas em dois ambientes e avaliação de um programa de seleção recorrente recíproca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 232, p. 543-552, 1993.
- SAWAZAKI, E. **Parâmetros genéticos em milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. 1996. 157 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós”, Piracicaba.
- 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, 1995.
- ZANETTE, V. A. Análise da variabilidade genética em populações de milho-pipoca (*Zea mays*). I. Heterose da capacidade de expansão do grão. **Agronomia Sulrio-grandense**, Porto Alegre, v. 25, n. 2, p. 173-181, 1989.
- ZIEGLER, K. E.; ASHMAN, B. Popcorn, 189-223. In: Hallauer, A. R. (Ed.). Specialty corns. Ames: CRC Press, 1994. 410 p.