

# ANÁLISE DIALÉLICA DE LINHAGENS DE MILHO-PIPOCA

Ronald José Barth Pinto<sup>1</sup>  
Carlos Alberto Scapim<sup>1\*</sup>  
Rafael Reccanello Barreto<sup>1</sup>  
Marcos de Araújo Rodovalho<sup>1</sup>  
Noé Esteves<sup>1</sup>  
Ana Daniela Lopes<sup>1</sup>

## RESUMO

Um dos objetivos do programa de melhoramento de milho-pipoca é a obtenção de híbridos de linhagens comerciais, explorando a heterose para rendimento. Oito linhagens  $S_5$  provenientes dos compostos UEM-C3 e UEM-C4 foram inter cruzadas em esquema dialélico, com o objetivo de obter informações sobre a capacidade geral de combinação dos parentais (CGC) e capacidade específica (CEC) das combinações híbridas, quanto ao rendimento de grãos e à capacidade de expansão. Os 28 híbridos e as oito testemunhas (IAC112, Zélia, BRS-Angela, IAC12, IAC1283, SC002, Viçosa e Beija-Flor) foram avaliados no delineamento em blocos completos ao acaso, no ano agrícola 2004/2005, em Maringá e Campo Mourão, estado do Paraná. Utilizou-se o método IV (modelo I) proposto por Griffing, (1956) na análise dos dados. Os tratamentos de maior destaque em Maringá geralmente não coincidiram com os mais produtivos em Campo Mourão. Na análise dialélica conjunta, não houve diferenças quanto às CGC e CEC, e houve efeito das interações CGC x locais e CEC x locais. Na capacidade de expansão, houve ausência de interação tratamentos x locais e efeitos de CGC e CEC, sem a ocorrência de interações de CGC e CEC com os locais. As linhagens de maior destaque na composição dos híbridos mais produtivos foram B, F e D em Maringá, e C e D em Campo Mourão. Na expansão, as linhagens A, G e H foram as que mais contribuíram para os híbridos superiores. Os híbridos simples mais promissores para ambas as características foram BxG e AxH.

**Palavras Chave:** *Zea mays*, capacidade de combinação, rendimento de grãos, capacidade de expansão.

## ABSTRACT

### DIALLEL ANALYSIS OF POPCORN INBRED LINES

Development of hybrids of inbred lines by taking advantage of heterosis to increase yield is one of the most important objectives of popcorn breeding. The present work was carried out in 2004/2005 to evaluate a set of diallel crosses in two locations (Maringá-PR and Campo Mourão-PR) in order to verify the combining ability of eight popcorn lines derived from two composite varieties (UEM-C3 and UEM-C4). A randomized complete block design with three replications was used to assess grain yield and popping expansion of twenty-eight hybrids and eight controls (IAC112, Zélia, BRS-Angela, IAC12, IAC1283, SC002, Viçosa and Beija-Flor). Griffing's (1956) method IV model 1 was used for diallel analysis. Outstanding treatments in Maringá generally were not the same ones as in Campo Mourão. The combined diallel analysis for yield showed ( $P < 0.05$ ) for interactions GCA x locations and SCA x locations, but not for GCA and SCA effects. There were differences between GCA and SCA estimates for popping expansion without interactions with environments. Hybrids B x G and A x H synthesized from lines with high GCA were selected to increase both yield and popping expansion.

**Key Words:** *Zea mays* L., combining ability, heterosis, grain yield and popping expansion

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Av. Colombo, 5790, 87020-900. Maringá, PR.

\* Autor para correspondência. Email: cascapim@uem.br.

## INTRODUÇÃO

Na safra agrícola de 2005/06, foram disponibilizados para comercialização 237 cultivares de milho, sendo nove de milhos especiais (seis cultivares de milho-pipoca, um de milho-doce, um de milho-ceroso e um para canjica). Vinte e nove cultivares foram lançados, substituindo 22 que deixaram de ser comercializados, demonstrando assim a dinâmica dos programas de melhoramento e a importância do uso de semente no aumento da produtividade (Cruz & Pereira Filho, 2006). Os seis cultivares de milho-pipoca foram Zélia (híbrido triplo), Jade (híbrido triplo), IAC 112 (híbrido simples modificado), RS-20 (variedade), BRS Ângela (variedade) e UFVM2-Barão-Viçosa (variedade). Apesar dos avanços, o número de variedades e híbridos de linhagens comerciais de milho-pipoca ainda é reduzido em relação à crescente demanda pelo produto (Andrade *et al.*, 2002; Matta & Viana, 2001). Na região noroeste do Paraná, existem empacotadoras que comprariam o produto se os agricultores o produzissem. No entanto, é muito difícil conseguir sementes no mercado.

Um dos objetivos do programa de melhoramento de milho-pipoca consiste na obtenção de híbridos de linhagens comerciais, explorando a heterose para rendimento. Na avaliação dessas linhagens para a posterior formação de híbridos, os relatos são escassos e relativamente recentes (Larish & Brewbaker, 1999; Sawazaki *et al.*, 2000; Vilarinho *et al.*, 2002; Vilarinho *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2004).

Larish & Brewbaker (1999) analisaram dois dialelos: um de seis variedades de milho-pipoca (4 dos trópicos e 2 americanos) e outro de cinco linhagens americanas quanto às características rendimento de grãos e capacidade de expansão nos trópicos. Houve heterose positiva para rendimento de grãos e heterose negativa para capacidade de expansão dos dois dialelos. A razão entre capacidade geral de combinação e capacidade específica de combinação foi alta para todas as características, o que permitiria, dessa maneira, ganhos rápidos por seleção. Ambos os dialelos possibilitaram afirmar que os melhoristas dos trópicos deveriam trabalhar com dois grupos heteróticos formados pelas variedades Supergold e Jap Hulless e três grupos heteróticos formados pelas linhagens 128 (Yellow Pearl), KP58K (South American) e R18-1-9 (Supergold).

Vilarinho *et al.* (2002; 2003) avaliaram 100 progêneses  $S_1$  e 225 progêneses  $S_2$ , obtidas da população de milho-pipoca Beija-Flor, em relação à produção e capacidade de expansão. Foi observada variabilidade genotípica

para os caracteres produção e capacidade de expansão (CE). Embora tenha sido observada correlação genotípica negativa entre os caracteres, os índices de seleção foram eficientes em identificar famílias que possibilitaram ganhos preditos simultâneos em produção e CE.

Santos *et al.* (2004) avaliaram o desenvolvimento de linhagens  $S_2$  de milho-pipoca pela aplicação dos métodos de seleção entre famílias endogâmicas, seleção entre e dentro de famílias endogâmicas, seleção massal e seleção combinada. As duas últimas proporcionaram os maiores ganhos preditos em qualidade e produção. Em relação aos ganhos realizados, não houve superioridade do índice de Mulamba e Mock. A seleção entre e dentro de famílias foi a melhor estratégia.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de cruzamentos dialélicos, a capacidade geral de combinação dos parentais e a capacidade específica das combinações híbridas para possível recomendação do cultivar para a região.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados cruzamentos dialélicos entre oito linhagens  $S_3$  de milho-pipoca, provenientes dos compostos UEM-C3 e UEM-C4. O composto UEM-C3 foi obtido por meio de cruzamentos das populações Viçosa, Beija-Flor e geração avançada do híbrido triplo Zélia. Antes da extração das linhagens, houve três ciclos de seleção entre e dentro de progêneses de meias-irmãs. O composto UEM-C4 foi sintetizado a partir de linhagens extraídas das populações Zaeli, RS-20 e de duas populações da raça Avati Pichinga, cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas do Paraguai. Esse composto foi submetido a dois ciclos de seleção entre e dentro de progêneses de meias-irmãs. Para a obtenção dos híbridos, as linhagens foram semeadas em duas linhas de 5m de comprimento, pareadas em todas as combinações possíveis. Na época do florescimento, foram feitos todos os cruzamentos entre as linhagens, por meio de polinizações manuais. Dessa forma, foram combinadas oito linhagens (A, B, C, D, E, F, G e H), das quais A, B, C e D são provenientes de UEM-C3, e E, F, G e H de UEM-C4.

O experimento de avaliação dos híbridos simples foi realizado em dois locais. O ensaio 1 foi instalado na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), em Maringá-PR, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999). O ensaio 2 foi instalado em área experimental vinculada ao CNPSo (EMBRAPA), locali-

zada em Campo Mourão-PR, em solo classificado como Terra Roxa Estruturada. Ambos os experimentos foram instalados no ano agrícola 2004/2005, no delineamento de blocos completos ao acaso, com três repetições. Foram avaliados os 28 híbridos e as 8 testemunhas (IAC112, Zélia-Pioneer-, BRS-Angela-CNPMS-, IAC12, IAC1283, SC002-Maringá, Viçosa-UFV e Beija-Flor-UFV) em parcelas formadas por uma fileira de 5m de comprimento, com espaçamento de 0,9m entre fileiras e 0,2m entre plantas na fileira. Após o desbaste, havia 25 plantas por parcela. Os tratamentos culturais foram feitos de acordo com a necessidade da cultura. Para os dois ensaios, a adubação foi feita com 400 kg/ha da fórmula 4-14-8 + Zn no plantio, mais 150 kg/ha de uréia, em cobertura, aos 30 dias após a emergência.

Foram avaliados o rendimento de grãos e a capacidade de expansão. O rendimento foi obtido pela pesagem dos grãos debulhados de cada parcela e conversão do peso de grãos em kg/ha, previamente corrigida para 13% de umidade e estande ideal de 30 plantas pela análise de covariância (Vencovsky & Barriga, 1992). A capacidade de expansão foi obtida como a razão entre o volume da pipoca expandida e a massa de grãos crus. Para cada parcela, tomaram-se duas amostras de 30g de grãos. Foi utilizada uma pipoqueira elétrica com controle automático de temperatura, desenvolvida pelo Centro Nacional de Instrumentação Agrícola (EMBRAPA, São Carlos, SP). Cada amostra foi submetida à temperatura constante de 280°C, durante dois minutos. O volume da pipoca expandida foi medido em proveta graduada de 2000mL.

Os dados foram submetidos às análises individuais (Cruz & Regazzi, 1994). Em seguida, foi utilizado o teste

de agrupamento de médias de Scott & Knott (1974) a 5% de probabilidade. Com base nos resultados das análises de variância, as somas de quadrados de tratamentos foram decompostas em capacidade geral e específica de combinação. Para a decomposição, foi utilizado o Método IV Modelo 1 de Griffing (1956), analisado pelo programa Genes (Cruz, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância individual revelaram diferenças ( $P < 0,05$ ) entre médias de tratamentos para os dois caracteres, indicando a importância das diferenças genotípicas. Os coeficientes de variação (cv's) obtidos na análise conjunta foram considerados médios para rendimento de grãos (20%) e capacidade de expansão (16%), de acordo com a classificação proposta por Scapim *et al.* (1995). Na análise conjunta de rendimento dos experimentos, houve efeito de locais e da interação tratamentos x locais, indicando resposta diferenciada dos tratamentos em relação aos locais (Tabela 1). Esse resultado é freqüente em estudos similares, pois a base genética estreita dos híbridos simples permite uma resposta mais diferenciada de acordo com os locais do que no caso de híbridos duplos ou materiais de base genética mais ampla (Troyer, 1996). Na análise conjunta da capacidade de expansão, houve efeito de tratamentos, mas não ocorreu interação de tratamentos x locais, permitindo análise global dos materiais em ambos os locais.

O exame de médias (Tabela 2) indicou a formação de dois grupos em Maringá e três grupos em Campo Mourão. Em Maringá, 10 híbridos e 3 testemunhas constituíram os genótipos mais produtivos. O grupo superi-

**Tabela 1** – Análise de variância conjunta do dialelo para rendimento de grãos (RG, kg/ha) e capacidade de expansão (CE, mL/g)

FV	RG		CE	
	GL	QM	GL	QM
Tratamentos	27	1284903,12	27	207,30*
CGC	7	1559643,37	7	534,70*
CEC	20	1188744,00	20	92,71*
Locais	1	11920547,62*	1	68,28
Tratamentos x Locais	27	1425525,41*	27	16,34
CGC x Locais	7	2300620,54*	7	11,82
CEC x Locais	20	1119242,11*	20	17,92
Resíduo médio (combinado)	140	276262,93	140	22,71
CV (%)		20		16

\* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade;

**Tabela 2** – Média de rendimento de grãos e capacidade de expansão dos híbridos F<sub>1</sub> e das testemunhas, em cada local e na média dos dois locais

Tratamento	Rendimento de grãos (kg/ha)			Capacidade de expansão (mL/g)	
	Maringá		C. Mourão		Média
A x B	1987	A <sup>1</sup>	2109	C <sup>1</sup>	30,0 A
A x C	1376	B	3056	B	16,7 C
A x D	2704	A	2400	B	24,6 B
A x E	1676	B	1656	C	29,0 A
A x F	1086	B	1355	C	21,0 B
A x G	1070	B	1596	C	32,3 A
A x H	2614	A	2094	C	31,7 A
B x C	1032	B	2704	B	14,8 C
B x D	2525	A	1691	C	18,8 B
B x E	1996	A	1999	C	24,2 B
B x F	2463	A	1700	C	25,8 B
B x G	2616	A	1564	C	30,1 A
B x H	1732	B	1786	C	27,0 B
C x D	1503	B	1395	C	14,1 C
C x E	990	B	2983	B	12,9 C
C x F	3011	A	2690	B	14,4 C
C x G	1558	B	2760	B	29,0 A
C x H	1584	B	3519	A	25,9 B
D x E	1651	B	2240	C	19,4 B
D x F	1283	B	2416	B	21,4 B
D x G	1987	A	3488	A	19,4 B
D x H	1073	B	3543	A	18,3 B
E x F	1095	B	1226	C	19,4 B
E x G	490	B	2151	C	24,1 B
E x H	733	B	1231	C	24,6 B
F x G	2349	A	1639	C	16,1 C
F x H	1537	B	1649	C	23,2 B
G x H	1258	B	2795	B	31,3 A
IAC 112	1830	A	1848	C	32,8 A
Zélia	1123	B	1096	C	37,5 A
Ângela	1952	A	2129	C	30,6 A
IAC 12	1684	B	1568	C	32,3 A
IAC 1283	1923	A	1851	C	34,0 A
SC 002	1123	B	1395	C	21,7 B
Viçosa	969	B	1355	C	26,1 B
Beija Flor	206	B	447	C	25,4 B
Média híbrida	1663		2196		22,8

or de Campo Mourão conteve apenas 3 materiais; nenhuma testemunha integrou esse grupo. As médias gerais dos híbridos superiores foram satisfatórias, especialmente considerando as condições ambientais desfavoráveis a elevados rendimentos, em decorrência de altas temperaturas e estiagem durante o período vegetativo do milho, em ambos os ensaios.

A análise das médias de capacidade de expansão pelo teste de Scott-Knott (Scott & Knott, 1974), considerando a média dos dois locais, revelou a formação de três grupos com 12 materiais integrando o grupo superior (Tabela 2). Dentro do grupo principal, a amplitude de expansão esteve compreendida entre 29 mL/g e 37,50 mL/g. Sete híbridos simples experimentais (A x G; A x H; G x H; B x G; A x B; A x E e C x G) estavam nesse grupo, ao lado de 5 testemunhas comerciais. As médias são, portanto, satisfatórias para a etapa atual do programa conduzido na UEM.

A análise dialélica conjunta para rendimento de grãos não registrou efeito ( $P > 0,05$ ) da CGC nem da CEC. No entanto, houve interações de CGC e de CEC com os locais (Tabela 1). Assim, dentro de cada local, os quadrados médios para ambas as capacidades combinatórias indicam variabilidade entre os efeitos da CGC ( $\hat{g}_i$ ), associados a efeitos gênicos aditivos, e entre os efeitos da CEC ( $\hat{S}_{ij}$ ), associados a efeitos não-aditivos. A variabilidade dos  $\hat{g}_{i's}$  permite inferir que as linhagens contribuíram diferentemente para os cruzamentos em que estavam envolvidas. A variabilidade entre os efeitos da CEC indica que houve combinações híbridas que tiveram desempenho diferente do esperado somente com base nos efeitos da CGC. A CGC das linhagens foi diferente cada local, sugerindo a necessidade de selecionar

linhagens parentais diferentes para a formação dos híbridos em locais específicos. A interação ( $P < 0,05$ ) de CEC x locais para rendimento de grãos permite inferir que houve resposta diferenciada das combinações híbridas de acordo com os locais. Essas interações são relatadas na literatura por diversos autores (Rojas & Sprague, 1952; Matzinger *et al.*, 1959; Pixley & Bjarnason, 1993; Nass *et al.*, 2000; Locatelli *et al.*, 2002). Com respeito à capacidade de expansão, verificou-se que, como não houve interação entre tratamentos x locais, também não foi detectada interação de CGC e de CEC com os locais de avaliação, permitindo análise global das estimativas assumidas pelos estimadores  $\hat{g}_i$  e  $\hat{S}_{ij}$  em ambos os ambientes. (Tabelas 3 e 4).

Dada a interação entre CGC e os ambientes, os efeitos da CGC para as oito linhagens genitoras devem ser analisados local por local. Assim, em Maringá, tiveram maiores CGCs as linhagens A, B, F e D, as quais, por força da interação, não repetiram o mesmo desempenho parental em Campo Mourão. De fato, no local 2, somente a linhagem D confirmou seu valor elevado de  $\hat{g}_i$ , ao lado de C, G e H, que não se destacaram em Maringá (Tabela 3). Em Maringá, os genitores A, B, D, e F apresentaram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$ , enquanto, em Campo Mourão, C, D, G e H foram as linhagens para as quais as estimativas de  $\hat{g}_i$  foram altas e positivas, o que indica o aumento da contribuição gênica para rendimento de grãos nos cruzamentos de que participam. Esses genitores podem ser identificados como os mais promissores a serem usados em combinações híbridas nos ambientes em questão. Com exceção da linhagem D, cuja estimativa de  $\hat{g}_i$  foi positiva em ambos os locais, todos os demais genitores apresentaram valores positivos e

**Tabela 3** - Estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação ( $\hat{S}_{ij}$ ) para as características de rendimento de grãos e capacidade de expansão em Maringá-PR e Campo Mourão-PR

Genitores	Rendimento de grãos		Capacidade de expansão
	Maringá	Campo Mourão	Média
A	78,0	-162,7	4,2
B	451,0	-296,0	1,8
C	-98,3	626,0	-5,3
D	113,5	296,6	-4,0
E	-502,3	-317,0	-1,0
F	196,8	-444,5	-3,1
G	-52,7	102,3	3,7
H	-186,0	195,5	3,7

negativos conforme o local, indicando forte interação com os locais testados.

Os efeitos da CEC em rendimento de grãos para as oito linhagens genitoras também devem ser analisados local por local (tabela 4). Assim, em Maringá, tiveram maior CEC as combinações C x F, A x H, B x G, F x G, A x D e A x E. Em Campo Mourão, os maiores valores de ocorreram no híbridos D x G, D x H, C x H e C x E. Como apontado por Cruz & Regazzi (1994), as melhores combinações híbridas são as de maior CEC envolvendo pelo menos um dos genitores com alta CGC. Poderia ser particularmente interessante para rendimento as combinações A x D em Maringá, pois ambos os genitores têm valor positivo de  $\hat{g}_i$  e seu híbrido um valor positivo de

$\hat{S}_{ij}$ . Em Campo Mourão, seriam promissores, por esse critério, os híbridos D x G, D x H e C x H. A comparação entre os rendimentos híbridos em ambos os locais e os respectivos valores de capacidade específica de combinação revela que, as melhores combinações  $\hat{S}_{ij}$  estiveram associadas aos maiores rendimentos. No caso de Maringá, por exemplo, A x H, B x G, F x G e A x D, efetivamente integraram o grupo mais produtivo (Tabela 2).

Os efeitos da CGC para capacidade de expansão podem ser analisados em conjunto. Assim, tiveram maior CGC as linhagens A, B, G e H, todas com desempenho positivo em ambos os locais. O nível de contribuição gênica positiva dessas linhagens para maior capacidade de expansão da pipoca pode ser facilmente observado

**Tabela 4** - Estimativa dos efeitos de capacidade específica de combinação ( $\hat{S}_{ij}$ ) para rendimento de grãos e capacidade de expansão, em Maringá-PR e Campo Mourão-PR

Efeito de ( $\hat{S}_{ij}$ )	Rendimento de grãos		Capacidade de expansão
	Maringá	Campo Mourão	Média
A x B	-205,3	380,7	0,95
A x C	-267,9	428,7	-5,04
A x D	449,2	103,0	1,57
A x E	437,0	-33,3	3,02
A x F	-852,1	-206,8	-2,89
A x G	-618,6	-522,6	1,47
A x H	1057,7	-149,8	0,92
B x C	-983,9	181,0	-4,43
B x D	297,2	-505,6	-1,82
B x E	384,0	409,0	0,63
B x F	151,9	259,5	4,28
B x G	553,4	-419,3	1,78
B x H	-197,3	-305,4	-1,37
C x D	-175,4	-1727,6	0,63
C x E	-72,6	467,0	-3,56
C x F	1249,2	290,5	-0,01
C x G	45,7	-166,3	7,58
C x H	205,0	526,5	4,83
D x E	375,5	67,4	1,59
D x F	-690,6	377,9	5,49
D x G	262,9	869,0	-3,21
D x H	-518,8	815,9	-4,26
E x F	-262,8	-230,4	0,69
E x G	-618,3	171,7	-1,41
E x H	-242,9	-851,4	-0,96
F x G	541,5	-193,8	-7,31
F x H	-137,1	-296,9	-0,26
G x H	-166,6	261,2	1,09

ao verificar sua presença na relação dos melhores híbridos e na quantificação dos efeitos de CEC.

## CONCLUSÕES

Os híbridos simples B x G e A x H são os mais promissores para cultivo na região noroeste do Paraná. Formados por linhagens com alta capacidade geral de combinação de rendimento e qualidade, eles apresentaram altas médias de rendimento de grãos em Maringá, capacidade de expansão satisfatória e alta capacidade específica de combinação de ambos os caracteres.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Paraná (Fundação Araucária) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos auxílios financeiros recebidos e pelas bolsas de iniciação científica e produtividade em pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Andrade RA, Cruz CD, Scapim CA, Silverio L, Pinto RJB & Tonet A (2002) Análise dialélica da capacidade combinatória de variedades de milho-pipoca. *Acta Scientiarum*, 24:1197-1204.
- Cruz JC & Pereira Filho I (2006) Cultivares de milho para a safra 2005/2006. Capturado em 30 de janeiro de 2006. Online. Disponível na Internet. <http://www.cnpms.embrapa.br/cultivares/index.html>.
- Cruz CD (2001) Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, Editora da UFV. 648p.
- Cruz CD & Regazzi AD (1994) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, UFV – Imprensa Universitária. 390 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (1999) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Embrapa Produção da Informação. 412p.
- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*, 9: 463-493.
- Larish LLB & Brewbaker JL (1999) Diallel analyses of temperate and tropical popcorns. *Maydica*, 44: 279-284.
- Locatelli AB, Federizzi LC & Napolini Filho, V (2002) Capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays* L.) em dois ambientes. *Ciência Rural*, 32: 365-370.
- Matzinger DF, Sprague GF & Cockerham CC (1959) Diallel cross of maize in experiments repeated over locations and years. *Agronomy Journal*, 51: 346-350.
- Matta FP & Viana JMS (2001) Testes de capacidade de expansão em programas de melhoramento de milho-pipoca. *Scientia Agrícola* 58: 845-851.
- Nass LL, Lima M, Vencovsky R & Gallo PB (2000) Combining ability of maize inbred lines evaluated in three environments in Brazil. *Scientia Agrícola*, 57: 129-134.
- Pixley KV & Bjarnason MS (1993) Combining ability for yield and protein quality among modified-endosperm opaque-2 tropical maize inbreds. *Crop Science*, 33: 1229-1234.
- Rojas BA & Sprague GF (1952) A comparison of variance components in corn yield trials: III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. *Agronomy Journal*, 44: 462-466.
- Santos JFS, Viana JMS, Vilarinho AA & Câmara TMM (2004) Efficiency of S<sub>2</sub> progeny selection strategies in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 4: 183-191.
- Sawazaki E, Paterniani MEAGZ, Castro JL, Gallo PB, Galvão JCC & Saes LA (2000) Potencial de linhagens locais de milho-pipoca para síntese de híbridos. *Bragantia*, 59: 143-151.
- Scapim CA, Carvalho CGP & Cruz CA (1995) Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30: 683-686.
- Scott AJ & Knott MA (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30: 507-512.
- Troyer AF (1996) Breeding widely adapted, popular maize hybrids. *Euphytica*, 92: 163-174.
- Vencovsky R & Barriga P (1992) Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética 486p.
- Vilarinho AA, Viana JMS, Câmara TMM & Santos JF. (2002) Seleção de progênies endogâmicas S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub> de melhoramento intrapopulacional de milho-pipoca. *Acta Scientiarum*, 24: 1419-1425.
- Vilarinho AA, Viana JMS, Santos JF & Câmara TMM (2003) Eficiência da seleção de progênies S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub> de milho-pipoca, visando a produção de linhagens. *Bragantia*, 62: 9-17.