

ALTERNATIVAS PARA SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO ENVOLVENDO VÁRIOS CARACTERES VISANDO À PRODUÇÃO DE SILAGEM

MAXIMILIAN DE SOUZA GOMES¹, RENZO GARCIA VON PINHO², MAGNO ANTONIO PATTO RAMALHO² e DANIEL FURTADO FERREIRA²

¹*Syngenta Seeds Ltda, Rod. BR452, km 142, CP 585, CEP38400-974, Uberlândia-MG – maximilian.gomes@syngenta.com*

²*Universidade Federal de Lavras, Campus da UFLA, C P 37, CEP: 37200-000, Lavras, MG. e-mail: renzo@ufla.br; magnoapr@ufla.br; danielff@ufla.br*

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.3, p.406-421, 2006

RESUMO - A busca de alternativas para a seleção de híbridos de milho envolvendo simultaneamente vários caracteres é desejável em qualquer programa de melhoramento. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar metodologias que possam auxiliar na discriminação de híbridos superiores com base na seleção em vários caracteres para milho silagem, bem como estimar a heterose e os efeitos dos genitores, por meio da análise dialélica multivariada. Foram utilizadas 12 linhagens endogâmicas de milho, previamente selecionadas, sendo seis de maior e seis de menor digestibilidade, para compor um dialelo parcial 6x6, mais as linhagens parentais. As sementes dos 36 híbridos e das respectivas linhagens foram semeadas em área experimental da Universidade Federal de Lavras, em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro de 2003). Para cada época, foi instalado um experimento em látice triplo 6 x 6, para os híbridos, e um experimento no delineamento de blocos casualizados, com três repetições, para as 12 linhagens. Foram avaliadas a produtividade de matéria seca, de grãos, a degradabilidade *in situ* da matéria seca e a porcentagem de fibra em detergente neutro. A partir dessas quatro características, foi realizada a análise dialélica multivariada, bem como foi aplicado um índice de seleção não paramétrico, denominado método gráfico, utilizando os híbridos do dialelo. Foi observado que a análise dialélica multivariada propicia resultados semelhantes aos das análises dialélicas univariadas. Constatou-se, também, pela análise dialélica multivariada, a importância da heterose, bem como dos efeitos dos genitores, quando se avaliam vários caracteres simultaneamente relacionados com a produção de silagem de milho. O híbrido GNS 041 x GNS 079 associa estimativas favoráveis de capacidade específica de combinação para todas as características avaliadas, bem como o melhor desempenho pelo método gráfico de seleção de cultivares, sendo um híbrido promissor para a produção de silagem. O método gráfico para a escolha de cultivares, considerando vários caracteres simultaneamente, é uma boa opção para complementar a análise dialélica multivariada.

Palavras-chave: *Zea mays*, silagem, melhoramento genético vegetal

ALTERNATIVES FOR MAIZE SELECTION HYBRIDS INVOLVING SEVERAL TRAITS FOR SILAGE PRODUCTION

ABSTRACT - Searching for alternatives for selection of maize hybrids involving simultaneously several traits is desirable in any breeding program. This work was carried out to estimate heterosis and the effects of parents using multivariate diallel analysis as

well as other methodologies which help distinguishing superior hybrids on the basis of selection for several characters. For this purpose, 6 high digestible and 6 low digestible lines were used in a 6 x 6 partial diallel plus the parental lines. Seeds from 36 hybrids and parental lines were sown in the experimental area of UFLA in two sowing seasons (November 4, 2001 and December 11, 2001). For each season, a 6 x 6 triple lattice was set up for the hybrids and a randomized block design with three replications for the 12 lines. Dry matter yield, grain yield, *in situ* dry matter degradability, and percentage of neutral detergent fiber were evaluated. From these four traits, multivariate diallel analysis was performed as well as a non-parametric selection index, called the graphic method, was applied. Only the hybrids of the diallel were used for this index. It was observed that multivariate diallel analysis results were similar to those of univariate diallel analyses. The results also corroborate, by multivariate diallel analysis, the importance of heterosis as well as the effects of parents in evaluating several characters simultaneously for maize silage production. The hybrid GNS 041 x GNS 079 provided good estimates of specific combining ability for traits, as well as the best performance by the graphic selection method. This hybrid has the potential to be used commercially for silage production. The graphic method for choosing cultivars considering a number of traits simultaneously is a good option for complementing multivariate diallel analysis.

Key words: *Zea mays*, silage, plant breeding

Com a tendência de os sistemas de produção de leite e de carne tornarem-se mais produtivos e eficientes, para poderem manter-se viáveis, é extremamente importante maximizar a produtividade das lavouras e o valor nutritivo da forrageira a ser ensilada. O milho é a principal cultura utilizada para produção de silagem e o melhoramento, com o objetivo de se produzir cultivares para esse fim, deve estar voltado tanto para características agrônomicas como para a qualidade da silagem produzida.

No melhoramento de plantas, a hibridação das cultivares, linhagens e populações representa um dos pontos fundamentais, pois possibilita a combinação de alelos favoráveis que estão em genitores diferentes, com o intuito de produzir novas cultivares adaptadas. Uma das dificuldades encontradas pelo melhorista refere-se à escolha de genitores promissores para serem usados em um programa de hibridação. Dentre as técnicas que auxiliam na escolha de genitores,

os cruzamentos dialélicos têm sido largamente utilizados por melhoristas. Isso porque possibilitam a obtenção de informações de um grupo de genitores, por considerar sua capacidade de combinação ao formar híbridos.

Apesar de o diallelo ser utilizado para análises univariadas na obtenção de genitores superiores, normalmente os melhoristas necessitam considerar vários caracteres simultaneamente, para melhor inferir sobre a superioridade relativa dos genitores. Esse é o caso da decisão de seleção de melhores combinações híbridas, visando à produção de silagem, que depende da produtividade de matéria seca, bem como de características relacionadas à digestibilidade da silagem.

Na literatura, já há trabalhos que desenvolveram expressões para a realização da análise dialélica multivariada (Sakaguti, 1994; Ledo, 2002), que, no entanto, ainda não foram utilizadas na avaliação de genótipos de milho para a produção de silagem. O objetivo dessa análise é

facilitar a execução da seleção com base na combinação de variáveis, o que, especificamente no melhoramento do milho para silagem, auxiliará a discriminar genótipos que associem produtividade e qualidade da silagem.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar métodos que possam auxiliar na discriminação dos híbridos superiores, com base na seleção em vários caracteres para milho silagem, bem como estimar a heterose e os efeitos dos genitores, por meio da análise dialélica multivariada.

Material e Métodos

A partir da avaliação da degradabilidade *in situ* de 36 linhagens tomadas ao acaso do programa de melhoramento da Geneseeds Recursos Genéticos em Milho Ltda, foi realizada uma seleção baseada nos resultados da degradabilidade, no tempo de 24 horas de incubação. Foram selecionadas 12 linhagens endogâmicas, sendo seis de maior (grupo 1) e seis de menor digestibilidade (grupo 2) (Tabela 1).

Foi instalado um campo isolado, para a obtenção das combinações híbridas, no qual os cruzamentos foram realizados seguindo o esquema de dialelo parcial, sendo o primeiro grupo de genitores (G 1) constituído pelas linhagens de maior digestibilidade e o segundo (G 2), de menor, obtendo-se 36 híbridos.

As sementes dos 36 híbridos do dialelo e das respectivas linhagens parentais endogâmicas foram semeadas em área experimental da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, em duas épocas de semeadura, novembro e dezembro de 2003. Para cada época de semeadura, foi instalado um experimento em látice triplo 6 x 6, para os híbridos, e um experimento, no delineamento de blocos casualizados com três repetições, para as doze linhagens parentais. Os blocos de cada experimento por época de semeadura foram colocados de forma intercalada, ou seja, foi colocado um bloco do látice com os híbridos, seguido de um bloco das linhagens endogâmicas, procurando-se, assim, evitar a competição entre híbridos e linhagens.

TABELA 1. Características das linhagens de milho utilizadas. UFLA, Lavras – MG, 2006.

Grupo	Linhagem	Ciclo	Tipo de grão	Cor do grão	DISMS 24H (%) ¹
Grupo 1 (G1)	GNS 019	Precoce	Semidentado	Laranja	55,4
	GNS 041	Normal	Semiduro	Laranja	55,2
	GNS 057	Precoce	Semidentado	Amarelo	53,8
	GNS 063	Precoce	Duro	Laranja	53,8
	GNS 066	Precoce	Duro	Laranja	55,8
	GNS 076	Precoce	Duro	Laranja	53,6
Grupo 2 (G2)	GNS 029	Normal	Semiduro	Laranja	48,9
	GNS 030	Precoce	Duro	Laranja	44,7
	GNS 042	Precoce	Semiduro	Laranja	45,6
	GNS 065	Precoce	Duro	Laranja	48,6
	GNS 079	Normal	Dentado	Amarelo	48,7
	GNS 083	Normal	Semidentado	Laranja	48,6

¹DISMS 24H (%): degradabilidade *in situ* da matéria seca no tempo de 24 h de incubação no rúmen de vacas fistuladas.

As parcelas foram constituídas de duas linhas de 5 metros, espaçadas de 0,8 metro e com uma densidade de 60.000 plantas por hectare. No momento da semeadura, foram aplicados, em ambos os experimentos, 400 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 + 0,5% de Zn. Quando as plantas atingiram entre quatro e cinco folhas, foi realizada a primeira adubação de cobertura, com a aplicação de 300 kg ha⁻¹ da formulação 20-00-20. A segunda adubação de cobertura foi realizada quando as plantas atingiram entre oito e nove folhas, com a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de uréia. Foi realizada também a aplicação de adubação foliar, com o produto comercial Ar-rank, da Quimifol®, aos 30 dias após semeadura, na dosagem de 2 litros. ha⁻¹. Os tratos culturais realizados nas duas épocas de semeadura, bem como o combate de pragas foram executados nas épocas adequadas, de acordo com as necessidades da cultura.

Para a produção da silagem, as plantas de uma das duas linhas das parcelas foram colhidas cortando-as a 20 cm do solo, quando os grãos das espigas de cada linhagem ou híbrido apresentavam-se no ponto denominado de meia linha de leite dos grãos (Fancelli & Dourado Neto, 2000), com a porcentagem de matéria seca entre 30 e 40%. Na seqüência, as plantas foram trituradas em picadeira e homogeneizadas, para a retirada da amostra a ser ensilada. Essa amostra, de mais ou menos 2 kg, foi ensilada em silos experimentais de PVC, cilíndrico, com aproximadamente 45 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Após 40 dias, a silagem foi retirada e misturada e, em seguida retiraram-se 900 gramas de amostra, que foi secada em estufa, a 55° C, até atingir peso constante. Logo após a secagem, essa amostra foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 5mm, para a condução do ensaio de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS).

Foram avaliadas as seguintes características:

– Produtividade de matéria seca (MS): obtida em kg ha⁻¹, a partir da pesagem das plantas de uma linha da parcela no momento da colheita para a ensilagem, com posterior correção do peso, após obtenção do teor de matéria seca das amostras de cada parcela;

– Degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS): realizada segundo a metodologia descrita por Pereira (1997);

– Porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN): obtida segundo metodologia descrita por Soest et al. (1991).

– Produtividade de grãos (PG): obtida a partir da pesagem dos grãos debulhados em uma linha da parcela. Os dados foram transformados para kg ha⁻¹ e corrigidos para a umidade de 13%.

Para os experimentos em que foram avaliadas as 12 linhagens parentais e os 36 híbridos, inicialmente foram realizadas análises de variância univariadas por época de semeadura. Após verificada a homogeneidade da variância residual, procedeu-se a análise de variância conjunta (Ramalho et al., 2000), envolvendo as duas épocas de semeadura.

Posteriormente, com o objetivo de se obter o erro experimental multivariado, foi realizada a análise de variância multivariada, considerando simultaneamente as quatro variáveis avaliadas e as duas épocas de semeadura.

Utilizando os resultados médios obtidos com base nas repetições, épocas de semeadura e no caso da degradabilidade *in situ* da matéria seca, os resultados obtidos nas vacas fistuladas, procedeu-se à análise do dialelo para cada variável, segundo a metodologia de Gardner & Eberhart (1966) e adaptada para o dialelo parcial por Miranda Filho & Geraldi (1984). Para a realização

das análises dialélicas, devido à avaliação das linhagens em experimentos separados dos híbridos, foram obtidos, para as características produtividade de matéria seca e de grãos, erros ponderados de acordo com os graus de liberdade do erro das linhagens e dos híbridos.

Para a análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos, foram utilizadas as expressões desenvolvidas por Ledo (2002), para o modelo proposto por Gardner & Eberhart (1966); nesse modelo, foram incluídas também novas fontes de variação, por se tratar de dialelo parcial, de acordo com adaptações propostas por Miranda Filho & Geraldí (1984), bem como as fontes de variação, devido às interações com as duas épocas de semeadura.

Para aplicação dos testes multivariados, para hipótese de igualdade dos efeitos do modelo, foi utilizado o critério de Wilks, aproximado pela distribuição de F (Ledo, 2002).

A partir dos dados médios das quatro características avaliadas nas duas épocas de semeadura, para os 36 híbridos avaliados no dialelo parcial, foi aplicado um índice de seleção não paramétrico denominado método gráfico. Para a aplicação dessa metodologia, inicialmente as variáveis foram padronizadas, uma vez que elas possuem unidades e magnitudes diferentes. Para isto foi obtida a estimativa de Z pela seguinte expressão:

$$Z = \frac{(x - m)}{s}$$

Em que:

x: média do híbrido;

m: média geral do experimento;

s: desvio padrão do caráter em apreço.

Posteriormente, com os dados padronizados, foi feito um gráfico com quatro semi-eixos para cada híbrido avaliado, em que cada um

dos semi-eixos representa uma das características avaliadas.

Obtiveram-se também, como alternativa de avaliação dos híbridos, a partir dos dados padronizados, a soma das quatro características avaliadas a estimativa de variância desses dados, que foram calculadas por híbrido. Os valores obtidos foram expostos em uma tabela, para facilitar a seleção dos híbridos com maior somatório e simultaneamente, a menor variância possível.

Resultados e Discussão

A partir das análises de variância univariadas para o dialelo parcial, foi constatado, para todas as variáveis, efeito significativo ($P \leq 0,05$), para épocas de semeadura, tratamentos, genitores dos grupos G1 e G2 e para heterose, com exceção das fontes de variação grupos para a produtividade de matéria seca, e entre genitores dos grupos G1 e G2, para a porcentagem de fibra em detergente neutro (Tabela 2).

Quanto ao desdobramento da heterose, bem como as interações com as épocas de semeadura, as significâncias variaram entre as características. As características relacionadas à qualidade da silagem, como a degradabilidade *in situ* da matéria seca e FDN, apresentaram poucas fontes de variação com efeito significativo (Tabela 2).

A análise de variância para a extensão multivariada do modelo de análise dialélica proposta por Gardner & Eberhart (1966) e adaptada por Miranda Filho & Geraldí (1984) está apresentada na Tabela 3. Foi observada, pelo critério de Wilks, utilizando-se a aproximação de F, a rejeição da hipótese de igualdade dos efeitos das épocas de semeadura e dos tratamentos ($P \leq 0,01$). Desdobrando-se o efeito de tratamentos, observou-se que os genitores não são homogêneos dentro de cada grupo e que há diferença signifi-

TABELA 2. Resumo das análises conjuntas envolvendo as duas épocas de semeadura para o dialelo parcial 6 x 6 de linhagens de milho, para a produtividade de matéria seca (MS) em kg ha⁻¹, produtividade de grãos (PROD) em kg ha⁻¹, porcentagem de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Fontes de Variação	GL	MS (%)	PROD (kg ha ⁻¹)	DISMS (%)	FDN (%)
Épocas Semeadura (A)	1	70936258,4**	62935785,2**	13879,4**	3773,6**
Tratamentos (T)	47	133279509,3**	42148442,3**	274,0**	99,8**
Par. G1	5	116293107,8**	36947948,7**	476,2**	156,6*
Par. G2	5	78635985,6**	5072720,7**	638,7**	33,7
Entre Grupos (G)	1	258984,0	14235380,8**	3567,6**	15,1
Heterose (H)	36	146923124,7**	48795501,7**	103,9**	103,5**
Heterose Média	1	4880181263,3**	1586070328,2**	1727,8**	2609,3**
Het. Par. G1 (H1)	5	45241287,8**	14235388,5**	25,6	57,2
Het. Par. G2 (H2)	5	6556910,1	3211182,7*	164,0**	95,6
Het. Espec. (H 1,2)	25	6002409,4	3333395,1**	42,6	14,1
T x A	47	7716233,3**	2759807,4**	45,1	41,3
Par. G1 x A	5	10628135,6*	4549279,3**	11,8	14,7
Par. G2 x A	5	19584345,7**	4786308,8**	31,4	22,5
G x A	1	4315334,4	3112,5	183,0*	0,1
H x A	36	5757922,8	2306386,0**	47,8*	48,8
Het. Média x A	1	6233885,9	3299897,4	3,0	1217,6**
H1 x A	5	4948487,0	2190642,7	115,2**	11,5
H2 x A	5	4118414,3	2676115,6*	28,4	30,8
H 1,2 x A	25	6228673,2	2215848,3**	40,0	13,1
Erro	188	4277958,7	1095798,0	31,8	18,7

* e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de F.

cativa entre os grupos de linhagens avaliadas. Foi verificada também a manifestação da heterose para as variáveis estudadas. Desdobrando-se o efeito da heterose, verificou-se que ela não foi a

mesma para todos os genitores, sendo essa diferença causada pela heterose média, heterose dos parentais do grupo 1 (G1) e do grupo 2 (G2) e pela heterose específica.

TABELA 3. Resumo da análise multivariada do dialelo parcial 6 x 6 de linhagens de milho, com a estatística de Wilks (Λ) por fonte de variação, aproximação de F (F) e graus de liberdade utilizados para o teste de F (v_1 e v_2). UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	Λ	F	v_1	v_2	P > F*
Épocas Semeadura (A)	0,1995	185,58	4	185	0,0000
Tratamentos (T)	0,0086	9,04	188	740	0,0000
Par. G1	0,2587	15,46	20	615	0,0000
Par. G2	0,3744	9,26	20	615	0,0000
Entre Grupos (G)	0,5969	31,23	4	185	0,0000
Heterose (H)	0,0266	7,63	144	740	0,0000
Heterose Média	0,0639	677,10	4	185	0,0000
Het. Par. G1 (H1)	0,5488	6,09	20	615	0,0000
Het. Par. G2 (H2)	0,6832	3,74	20	615	0,0000
Het. Espec. (H1,2)	0,4894	1,45	100	735	0,0044
T x A	0,2212	1,81	188	740	0,0000
Par. G1 x A	0,8406	1,65	20	615	0,0372
Par. G2 x A	0,7962	2,18	20	615	0,0022
G x A	0,9656	1,65	4	185	0,1635
H x A	0,3028	1,80	144	740	0,0000
Het Média x A	0,7268	17,39	4	185	0,0000
H1 x A	0,8322	1,75	20	615	0,0227
H2 x A	0,8801	1,21	20	615	0,2389
H1,2 x A	0,5226	1,31	100	735	0,0294

* probabilidade do teste de F.

Em relação às interações das fontes de variação com as épocas de semeadura, foram detectadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) para todas elas, com exceção das interações entre grupos e épocas e heteroses dos parentais do G2 e épocas.

Comparando-se as duas formas de análise, constatou-se que a análise de variância multivariada apresentou efeito altamente significativo para as fontes de variação, que também apresentaram-se dessa forma nas análises de variância univariadas. A situação contrária também ocorreu, ou seja, para as fontes de variação que apresentaram efeito não significativo nas análises de variância multivariada, houve baixas sig-

nificâncias nas análises de variância univariadas. Assim, observou-se que a extensão multivariada do modelo de análise do dialelo parcial propiciou resultados semelhantes aos das análises univariadas. Esses resultados também foram verificados por Ledo (2002). Vale ressaltar, no entanto, que a análise multivariada tem a vantagem de permitir a análise e a interpretação simultânea de todos os caracteres.

Antes de serem discutidos os resultados referentes às estimativas dos efeitos genéticos do modelo, é necessário salientar que a escolha do método de Gardner & Eberhart (1966), nessa situação, foi preferida porque o objetivo foi a seleção de híbridos e essa metodologia possibilita

estudo mais detalhado da heterose. Para as características avaliadas, valores positivos das estimativas, não só do efeito de genitor como também das heteroses (média, do genitor e específica), são desejáveis para a produtividade de matéria seca, de grãos e para a degradabilidade *in situ* da matéria seca, uma vez que estão relacionados com a melhoria na expressão dessas características, o que é favorável. Já para a porcentagem de fibra em detergente neutro, valores negativos das mesmas estimativas são desejáveis, pois estão relacionados com a redução da fibra da silagem, o que também é perseguido quando se busca qualidade da silagem (Vilela, 2001).

As estimativas considerando a média das duas épocas de semeadura estão apresentadas na Tabela 4, pela qual pode-se destacar o bom desempenho “per se” da linhagem GNS 057, para a produtividade de MS e PG. Em relação às características relacionadas à digestibilidade da silagem

(DISMS e FDN), as linhagens GNS 041 e GNS 066 do grupo 1, bem como a GNS 029 do grupo 2, apresentaram desempenhos satisfatórios para ambas as características.

Dentre as linhagens avaliadas, a GNS 057 merece ser destacada, por ser a única que associou estimativas positivas para MS, PG e DISMS e negativa para FDN. Essa é uma condição favorável, pois a referida linhagem mostrou vigor vegetativo e alta produção de grãos, condições desejáveis na escolha de uma linhagem para a produção de híbridos. Adicionalmente, ela manifestou bom desempenho para os caracteres que estão associados com a silagem de boa qualidade (DISMS e FDN). Essas características são controladas predominantemente por genes de efeito aditivos (Gomes, 2003; Silva, 2002), indicando que os efeitos de dominância contribuem pouco para a variação genética. Nessa condição, o bom desempenho “per se” das linhagens torna-

TABELA 4. Estimativas dos efeitos dos genitores para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS) em kg ha⁻¹, produtividade de grãos (PG) em kg ha⁻¹, porcentagem de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) do dialelo 6 x 6 de linhagens de milho, considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Grupo 1	MS (%)	PG (kg ha⁻¹)	DISMS (%)	FDN (%)
GNS 019	-301,02	-363,58	-3,91	4,87
GNS 041	742,38	-661,03	3,19	-5,68
GNS 057	2238,23	1340,58	0,95	-3,38
GNS 063	47,68	345,88	0,81	3,48
GNS 066	-1799,32	-74,33	1,36	-4,83
GNS 076	-927,97	-587,53	-2,41	3,53
Grupo 2				
GNS 029	143,83	-469,93	4,10	-2,54
GNS 030	-1548,87	721,23	-3,91	-0,04
GNS 042	1960,03	430,28	-3,76	-2,84
GNS 065	-2591,57	-855,78	-0,58	2,85
GNS 079	650,58	236,73	2,02	0,40
GNS 083	1385,98	-62,53	2,12	2,15
Desvio	31,55	21,98	1,16	1,45

se de fundamental importância, pois é necessário combinar duas linhagens com desempenho médio superior para essas características, para se ter sucesso na combinação híbrida obtida. Nesse contexto, destacaram-se as linhagens GNS 041, GNS 066 e GNS 029, com desempenho superior às demais para tais características.

A heterose média indica a diferença entre a média dos genitores e a média de todos os cruzamentos. Verificou-se que, para todas as características, o desempenho médio dos híbridos foi superior ao das linhagens, o que é altamente favorável para o melhoramento do milho visando à produção de silagem (Tabela 5). Os valores percentuais de 94,4 e 181,0 da heterose média refletem a importância da heterose em relação aos caracteres MS e PG, bem como o pequeno efeito dela em relação aos caracteres FDN e DISMS, em que os valores não ultrapassaram 12%.

Quanto às estimativas dos efeitos da heterose dos genitores do grupo 1 e do grupo 2, considerando as duas épocas de semeadura (Tabela 6), observou-se, pelos sinais das mesmas, que nenhuma das linhagens atendeu a todas as características simultaneamente. No entanto, como já comentado, pelos valores da heterose média, tal situação acontece frequentemente. Assim, vale destacar apenas as linhagens GNS 057, GNS 066 e GNS 079, que apresentaram estimativas positivas para MS, PG e DISMS, porém, com valores positivos também para FDN. A linhagem GNS 057 apresentou bom desempe-

nho “per se” para todas as características avaliadas e heterose, principalmente para a MS, o que mostra que ela possui alta capacidade geral de combinação.

Em relação à capacidade específica de combinação, apenas três híbridos (41 x 79, 66 x 42 e 76 x 29) apresentaram desvios com sinais favoráveis para todas as características, ou seja, positivo para MS, PG e DISMS e negativo para FDN (Tabela 7). As maiores estimativas para cada característica variaram entre os cruzamentos avaliados. No entanto, o cruzamento GNS 041 x GNS 079 apresentou altas estimativas para produtividade de MS, PG e DISMS, bem como uma das menores estimativas para porcentagem de FDN, indicando que esse híbrido associou produtividade e qualidade de silagem, podendo, assim, ser melhor avaliado para posterior recomendação visando à produção de silagem.

Como pode ser verificado, a análise dialélica multivariada possibilita a análise de várias características simultaneamente, e opções que auxiliem na recomendação de cultivares baseada em várias variáveis podem contribuir para complementar os resultados dessa análise.

Uma dessas opções é a utilização de índices de seleção (Garcia e Souza Júnior, 1999). A maioria desses índices exige estimativas precisas de variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas e a utilização de pesos econômicos, que, no caso do milho visando à produção de silagem, pode ser difícil. Uma alternativa é o uso de índi-

TABELA 5. Estimativas dos efeitos das heteroses médias para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS) em kg ha⁻¹, produtividade de grãos (PG) em kg ha⁻¹, porcentagem de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) do dialélio 6 x 6 de linhagens de milho, considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2006.

	MS (%)	PG (kg ha ⁻¹)	DISMS (%)	FDN (%)
Heterose média	9506,51	5462,93	2,83	-6,95
Heterose média (%)	94,4	181,0	6,1	11,4

TABELA 6. Estimativas dos efeitos das heteroses dos genitores para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS) em kg ha⁻¹, produtividade de grãos (PG) em kg ha⁻¹, porcentagem de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) do dialelo 6 x 6 de linhagens de milho, considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Genitores	Parâmetros			
	MS (%)	PG (kg ha ⁻¹)	DISMS (%)	FDN (%)
Grupo 1				
GNS 019	-2735,48	-1519,52	0,37	-0,89
GNS 041	973,56	746,21	-0,47	2,15
GNS 057	1317,87	193,96	0,14	1,32
GNS 063	151,98	650,53	-0,04	-3,46
GNS 066	1800,67	928,59	0,96	0,83
GNS 076	-1508,58	-999,77	-0,96	0,06
Grupo 2				
GNS 029	-631,29	-186,41	-2,45	0,43
GNS 030	-750,53	-679,28	0,56	0,38
GNS 042	734,66	-398,61	-1,01	4,50
GNS 065	-100,62	296,66	2,61	-2,86
GNS 079	866,56	613,56	0,02	0,37
GNS 083	118,77	354,09	0,27	2,08
Desvio	20,36	14,19	0,75	0,93

ces não paramétricos (Garcia & Souza Júnior, 1999). Entre esses índices, uma opção é o método gráfico, que permite uma rápida e fácil identificação das cultivares de melhor performance. Esse método foi utilizado por algumas empresas de sementes no Brasil e já foi empregado também na cultura do feijoeiro (Marques Júnior et al., 1996).

Para isso, é construído um sistema gráfico em que cada variável ocupa um dos semi-eixos. Assim, com pelo menos quatro variáveis, pode-se ter uma perfeita visualização do desempenho da cultivar com relação a todas essas características simultaneamente. Inclusive, é utilizada a expressão “bola cheia” para a cultivar que tem valores favoráveis para todas as características ou “bola murcha” quando ela é deficiente em alguma ou até mesmo todas as características.

Assim, foram utilizados os dados médios das duas épocas de semeadura dos 36 híbridos do dialelo parcial, das quatro características avaliadas. Para a aplicação do método gráfico, o primeiro passo foi padronizar as variáveis, uma vez que elas possuem unidades e magnitudes diferentes. Um problema que surge é em relação à característica FDN, em que valores negativos são desejáveis, pois trata-se de híbridos que possuem porcentagem de FDN abaixo da média e, ao serem representados graficamente, darão a impressão de “bola murcha”, fato que não é verdade. Para contornar esse problema, foi realizada a inversão dos valores de Z para FDN, ou seja, valores negativos passaram a positivos e vice-versa. Desse modo, conseguiu-se manter a classificação dos valores de Z para essa característica.

TABELA 7. Estimativas dos efeitos das heteroses específicas para as variáveis: produtividade de matéria-seca (MS) em kg ha⁻¹, produtividade de grãos (PG) em kg ha⁻¹, porcentagem de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN) de híbridos de milho, considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cruzamento	MS (%)	PG (kg ha⁻¹)	DISMS (%)	FDN (%)
19 x 29	-284,58	-523,53	-0,89	1,67
19 x 30	1169,96	485,11	-0,02	1,52
19 x 42	-1064,43	196,57	0,05	1,10
19 x 65	33,94	44,13	-0,42	-2,04
19 x 79	277,94	-294,92	0,21	0,24
19 x 83	-132,23	92,62	1,08	-2,48
41 x 29	-103,02	-402,03	-0,55	-1,15
41 x 30	723,62	352,61	-1,56	0,05
41 x 42	-1100,07	-1413,88	-0,38	1,43
41 x 65	-777,80	223,72	0,65	-0,06
41 x 79	903,65	702,07	1,74	-2,23
41 x 83	353,63	537,52	0,10	1,97
57 x 29	-641,71	-475,18	1,05	-1,58
57 x 30	35,53	-105,18	0,51	-0,73
57 x 42	1489,09	-53,98	-0,29	-1,49
57 x 65	1383,42	676,08	-2,00	2,22
57 x 79	-608,88	-251,57	0,30	0,15
57 x 83	-1657,46	209,82	0,43	1,43
63 x 29	1260,70	865,35	-0,92	0,69
63 x 30	-952,66	-251,71	2,08	0,49
63 x 42	-78,80	390,15	-0,92	-0,38
63 x 65	-1455,97	-676,64	-0,57	-0,07
63 x 79	-370,32	503,66	0,85	-1,38
63 x 83	1597,05	-830,80	-0,52	0,65
66 x 29	-421,78	34,29	-0,95	0,89
66 x 30	-239,69	-595,97	-0,50	0,49
66 x 42	144,07	1003,29	1,97	-0,38
66 x 65	-84,56	-344,20	0,57	-0,62
66 x 79	-299,66	83,75	-1,80	0,47
66 x 83	901,62	-181,16	0,70	-0,85
76 x 29	190,39	501,10	2,26	-0,52
76 x 30	-736,77	115,14	-0,51	-1,82
76 x 42	610,14	-122,15	-0,44	-0,28
76 x 65	900,97	76,91	1,79	0,57
76 x 79	97,87	-742,99	-1,30	2,76
76 x 83	-1062,61	172,00	-1,80	-0,71
Desvio	28,80	20,06	1,06	1,32

Como Z tem valores positivos e negativos, para facilitar a comparação entre todas as variáveis, simultaneamente, por meio do gráfico, a opção é somar uma constante, de modo que todos os valores fiquem positivos (Tabela 8). Desse modo, verificou-se que apenas cinco dos

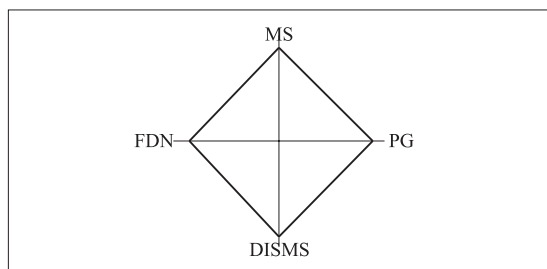
TABELA 8. Estimativa de Z adicionadas a uma constante para a produtividade de matéria-seca (Z MS + 3) em kg ha⁻¹, produtividade de grãos (Z PG + 3) em kg ha⁻¹, porcentagem de degradabilidade *in situ* da matéria seca (Z DISMS + 3) e porcentagem de fibra em detergente neutro (Z FDN + 3) de híbridos de milho, considerando as duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cruzamento	Z MS + 3	Z PG + 3	Z DISMS + 3	Z FDN + 3
19 x 29	1,46	0,92	1,88	2,04
19 x 30	1,66	1,80	1,82	1,61
19 x 42	2,08	1,68	1,27	0,67
19 x 65	1,25	1,60	3,14	3,78
19 x 79	2,42	2,01	2,86	2,34
19 x 83	1,99	1,99	3,33	3,78
41 x 29	3,28	2,68	3,06	4,09
41 x 30	3,22	3,35	2,27	3,11
41 x 42	3,81	2,07	2,17	1,45
41 x 65	2,66	3,40	4,61	3,89
41 x 79	4,42	4,45	4,54	4,25
41 x 83	3,94	4,00	4,00	2,89
57 x 29	3,51	2,97	3,51	3,72
57 x 30	3,39	3,35	2,88	2,89
57 x 42	5,33	3,49	2,00	2,10
57 x 65	4,00	4,11	3,37	2,42
57 x 79	4,25	4,05	3,77	2,75
57 x 83	3,56	4,10	3,93	2,57
63 x 29	3,36	3,99	2,65	3,76
63 x 30	2,05	3,20	3,41	3,36
63 x 42	3,75	3,81	1,64	2,61
63 x 65	1,90	3,01	3,83	4,31
63 x 79	3,41	4,61	3,89	4,33
63 x 83	3,97	3,25	3,47	3,85
66 x 29	2,97	3,40	3,12	3,62
66 x 30	2,64	2,98	2,90	3,30
66 x 42	4,14	4,34	3,28	2,54
66 x 65	2,76	3,33	4,79	4,48
66 x 79	3,74	4,34	3,33	3,52
66 x 83	3,98	3,81	4,46	4,39
76 x 29	2,03	2,05	2,88	2,81
76 x 30	1,25	1,83	1,41	2,85
76 x 42	3,15	1,75	0,83	1,12
76 x 65	1,98	1,94	3,75	2,61
76 x 79	2,72	1,98	2,04	1,20
76 x 83	1,98	2,37	1,96	2,95

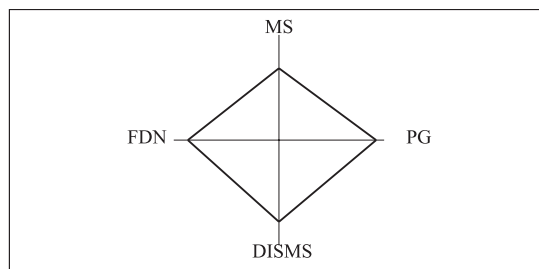
36 híbridos avaliados possuem desempenho acima da média, para as quatro características simultaneamente. Observando-se a representação gráfica de três dos melhores e três dos piores híbridos (Figura 1), verifica-se que os melhores, no conceito estabelecido, são considerados “bola cheia” pois têm desempenho favorável nas qua-

tro características. Já os piores híbridos seriam considerados “bola murcha”, pois foram deficientes em pelo menos uma das quatro variáveis. Como se constata, a decisão pode ser tomada graficamente, envolvendo as quatro variáveis.

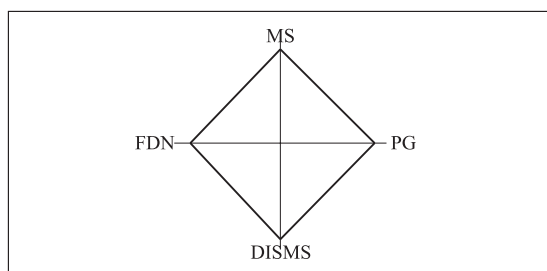
Uma outra opção que pode ser utilizada para a avaliação dos desempenhos dos híbridos,



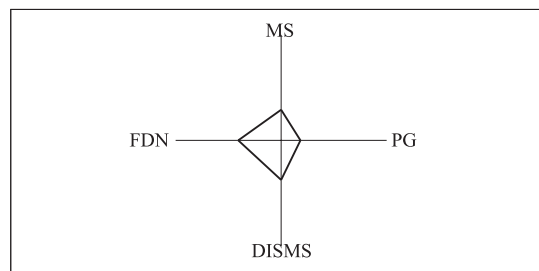
Híbrido 41 x 79



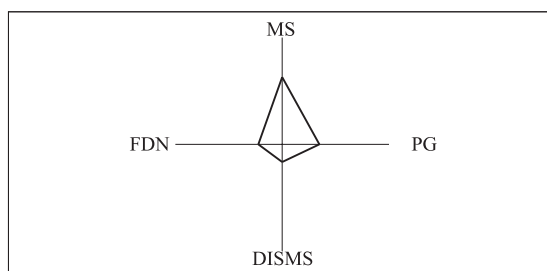
Híbrido 63 x 79



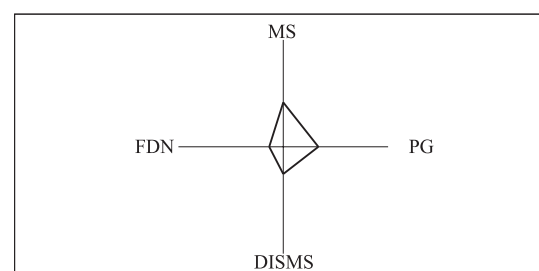
Híbrido 19 x 29



Híbrido 19 x 42



Híbrido 63 x 83



Híbrido 76 x 42

FIGURA 1. Análise gráfica dos híbridos 41 x 79, 63 x 79, 63 x 83, 76 x 42, 19 x 29 e 19 x 42, considerando a produtividade de matéria seca (MS), em kg ha⁻¹, produtividade de grãos (PG), em kg ha⁻¹, porcentagem de degradabilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN).

aproveitando a padronização das variáveis pela estimativa de Z, foi utilizada neste trabalho. A partir dos valores de Z para cada variável, obtve-se a soma e também a variância desses dados, considerando cada híbrido avaliado (Tabela 9). Assim, combinações híbridas superiores serão

TABELA 9. Somatórios e variâncias das estimativas de Z para os 36 híbridos avaliados, considerando a média das duas épocas de semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cruzamento	Somatório	Variância
19 x 29	6,30	0,25
19 x 30	6,89	0,01
19 x 42	5,70	0,36
19 x 65	9,77	1,48
19 x 79	9,63	0,12
19 x 83	11,10	0,85
41 x 29	13,11	0,35
41 x 30	11,96	0,24
41 x 42	9,50	1,02
41 x 65	14,56	0,68
41 x 79	17,66	0,01
41 x 83	14,83	0,30
57 x 29	13,72	0,10
57 x 30	12,51	0,08
57 x 42	12,91	2,42
57 x 65	13,90	0,60
57 x 79	14,82	0,44
57 x 83	14,14	0,47
63 x 29	13,77	0,35
63 x 30	12,02	0,41
63 x 42	11,80	1,07
63 x 65	13,05	1,12
63 x 79	16,25	0,28
63 x 83	14,53	0,11
66 x 29	13,10	0,08
66 x 30	11,82	0,07
66 x 42	14,30	0,69
66 x 65	15,35	0,91
66 x 79	14,93	0,19
66 x 83	16,64	0,10
76 x 29	9,77	0,22
76 x 30	7,33	0,52
76 x 42	6,85	1,06
76 x 65	10,28	0,71
76 x 79	7,93	0,38
76 x 83	9,27	0,22

aquelas que apresentarem simultaneamente maior valor para a soma das variáveis e menor valor para a estimativa de variância, indicando que a boa performance está uniformemente distribuída para todas as características avaliadas.

Nesse contexto, como era esperado, o híbrido 41 x 79 destacou-se novamente, apresentando a maior soma e também baixa estimativa de variância, confirmando o que já foi observado na análise gráfica. Alguns híbridos, como 63 x 79, 66 x 65 e 66 x 83, também apresentaram altos valores para a soma das características; no entanto, a maior variância dos dados desses híbridos indicou que, em pelo menos uma característica, eles foram deficientes. A situação contrária também foi observada, ou seja, o híbrido 19 x 30 apresentou estimativa de variância tão baixa quanto a do 41 x 79. Entretanto, o baixo valor do somatório observado para esse híbrido indicou que ele apresentou fraco desempenho para todas as características.

Conclusões

A análise dialélica multivariada propicia resultados semelhantes aos das análises dialélicas univariadas, em que pode ser verificada a importância da heterose, bem como dos efeitos dos genitores, quando se avaliam vários caracteres simultaneamente, relacionados com a produção de silagem de milho.

O híbrido GNS 041 x GNS 079 associa altas estimativas de capacidade específica de combinação para todas as características avaliadas, bem como o melhor desempenho pelo método gráfico de seleção de cultivares, sendo promissor para a produção de silagem.

O método gráfico para a escolha de cultivares considerando vários caracteres simultaneamente é uma opção eficiente para complementar a análise dialélica multivariada.

Literatura Citada

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 253-267, 1999.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, Washington, v. 22, n. 3, p. 439-452, 1966.

GOMES, M. de S. **Valor genético de linhagens de milho na produção e digestibilidade da silagem**. 2003. 135 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LEDO, C. A. S. **Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos**. 2002. 126 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MARQUES JÚNIOR, O. G.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Emprego de um método gráfico para a escolha de cultivares, considerando vários caracteres do feijoeiro. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 3, p. 347-349, 1996.

MIRANDA FILHO, J.B., GERALDI, I.O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 677-688, 1984.

PEREIRA, M. N. **Responses of lactating cows to dietary fiber from alfafa or cereal by products**. 1997. 186 f. Tese (Doutorado) - University of Winconsin, Madison.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de **A experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

SAKAGUTI, E. S. **Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de cruzamentos dialélicos em coelhos**. 1994. 172 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, P. C. **Seleção recorrente recíproca e cruzamentos dialélicos em milho (*Zea mays* L.) para a obtenção e avaliação de híbridos forrageiros**. 2002. 92 f. Tese (Doutorado em

Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SOEST, P. J. Van; ROBERTSON, P. J.; LEWIS, J. B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583, 1991.

VILLELA, T. E. A. **Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem**. 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.