

**Embrapa**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento  
Rod. MG 424 km 65 - Caixa Postal 151 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone (031) 779 1000 Fax (031) 779 1088  
www.cnpmis.embrapa.br

# PESQUISA EM ANDAMENTO



Número 40, outubro/1999

## AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO ENTRE LINHAGENS DE MILHO DOCE

*Isabel Regina Prazeres de Souza<sup>1</sup>, Flavia França Teixeira<sup>2</sup>, Elto Eugênio Gomes e Gama<sup>1</sup>,  
Cleso Antônio Patto Pacheco<sup>1</sup>, Sidney Netto Parentoni<sup>1</sup>, Manoel Xavier dos Santos<sup>1</sup> e  
Walter Fernandes Meirelles<sup>1</sup>*

Milhos doces (*Zea mays* L.) são caracterizados por grãos com altos teores de açúcares e muito pouco amido no endosperma, o que os torna enrugados e translúcidos quando secos. A doçura é um caráter recessivo e o genes mutantes mais conhecidos são o *sugary (su)*, *shrunken (sh)* e *britte (bt)*. Devido aos elevados teores de açúcares, as variedades dos genótipos *sh* e *bt* são chamadas de superdoces (Tracy, 1994).

O milho doce apresenta uma versatilidade de uso muito grande, além de agregar valor ao produto. Este pode ser utilizado em conserva, enlatado, congelado na forma de espigas ou grãos, desidratado ou consumido "in natura" (Souza et al., 1990). Em todos os casos, após a colheita, a palhada da cultura ainda pode ser utilizada para a silagem de animais.

Atualmente, no Brasil, a produção de milho doce é voltada em sua grande maioria para a indústria enlatadora, através de contratos realizados diretamente com os produtores. A exploração da cultura é realizada durante todo o ano, utilizando-se o pivô central e o escalonamento da produção, permitindo um fluxo constante do produto para a comercialização.

O cultivo do milho doce, por ser, em sua maioria, produzido utilizando-se alta tecnologia e destinado à indústria, requer cultivares que apresentem, além de produtividade, uniformidade tanto de porte da planta como de maturação e formato de espigas. Em relação ao consumidor, as características exigidas são a coloração amarelo-alaranjada e pericarpo mais fino, que contribui para maior maciez do grão.

Cruzamentos dialélicos são de ampla utilização em programas de melhoramento, pois fornecem informações sobre o tipo de ação gênica predominante, avaliam o potencial heterótico e as capacidades geral e específica de combinação entre linha-

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

<sup>2</sup> Pesquisadora da Fundep



gens ou variedades. Devido à sua importância, o esquema dialélico é amplamente utilizado em milho (Hallauer e Miranda Filho, 1981).

Em face da crescente demanda por materiais de milho doce que reúnam as características requeridas pelos produtores, pelas indústrias enlatadoras e pelos consumidores, faz-se necessária a obtenção de informações quanto ao controle genético de caracteres de importância para o milho doce.

Foram utilizadas 20 linhagens de milho doce (*bt*) ao nível de  $S_1$  de endogamia, obtidas do programa de melhoramento de milho da Embrapa Milho<sup>3</sup> e Sorgo. Essas linhagens foram avaliadas previamente *per se* e com o auxílio de um testador. Nessa avaliação fenotípica considerou-se a produtividade e a cor do grão. As linhagens foram separadas em dois dialelos, com dez linhagens cada. Para fazer essa separação, foi considerada a avaliação feita previamente, de modo a maximizar a divergência dentro de cada dialelo. Foram obtidos, através de cruzamentos controlados, todos os 45 híbridos simples (HS) possíveis. Dessa forma foram obtidos dois dialelos (dialelo 1 e dialelo 2).

Foram conduzidos dois experimentos, utilizando-se o delineamento látice 7 x 7 com duas repetições. Em ambos os experimentos a parcela experimental constou de uma linha de 3 m com 8 sementes/m, espaçamento entre parcelas de 0,90 m, com posterior desbaste para 4 plantas/m. Foram avaliados os HS do dialelo 1 no experimento 1 e, no experimento 2, os HS do dialelo 2 e, ainda, como testemunhas, nos dois experimentos foram incluídos os híbridos comerciais Eliza, Sofia, DO-03 e DO-04. Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 1997/98, nas localidades de Morrinhos-GO, Paracatu-MG e Patos de Minas-MG. A colheita foi realizada quando as espigas apresentaram o ponto de colheita utilizado pela indústria.

Foram obtidos o peso da espiga com palha (PCP), peso da espiga sem palha (PSP) e índice de empalhamento (IE), pela expressão:  $IE = [(PCP-PSP)/PCP] * 100$ . Esses caracteres foram submetidos à análise de variância conjunta e análise de variância em cada local separadamente. Com o emprego do modelo 4 de Griffing (1956) foram estimadas, em cada dialelo, as capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação e seus componentes quadráticos para os caracteres PCP, PSP e IE.

A partir da análise de variância conjunta, foi avaliado o efeito da interação genótipo x ambiente (GxA) e estimada a estabilidade de cada híbrido, empregando-se o método da ecovalência de Wricke (Cruz e Regazzi, 1994).

Em ambos os experimentos foi também estimada a correlação fenotípica de Pearson entre as médias dos caracteres PCP e PSP.

Os HS avaliados apresentaram, em ambos experimentos, alta correlação fenotípica ( $r > 0,93$ ) para os caracteres PCP e PSP e diferenças não significativas para o caráter IE em qualquer ambiente considerado. Por essas razões, o peso da palha não foi um fator que interferisse na discriminação de genótipos quanto ao peso da espiga e, portanto, foi considerado apenas o caráter PSP.

A Tabela 1 apresenta o quadro da análise conjunta dos dialelos 1 e 2 para o caráter PSP. Foram constatados os efeitos significativos da CGC, CEC e da interação CGCxA em ambos os dialelos e no dialelo 1, a interação GxA também foi significativa.



Tabela 1. Análise conjunta dos dialelos 1 e 2 para o caráter PSP (Kg/ha), em ensaios conduzidos em três locais.

FV	GL	QM	
		Dialelo 1	Dialelo 2
Genótipos (G)	44	13599377.00**	18983454.00**
CGC	9	28019704.00**	77832048.00**
CEC	35	9891294.00**	3850959.50*
Ambiente (A)	2	202574800.00**	360418944.00**
GxA	88	4097893.75*	2575434.25
CGCx A	18	8148942.00**	4323222.00*
CECx A	70	3056195.75	2126003.00
Erro médio combinado	108	2833753.25	2338765.50

\* significativos ao nível de 5%

\*\* significativos ao nível de 1%

A Tabela 2 apresenta as capacidades gerais de combinação das linhagens avaliadas e na Tabela 3 estão apresentadas as médias de espigas sem palha dos híbridos avaliados. No dialelo 1, a L13 foi a que apresentou maior CGC para PSP em todos os ambientes avaliados, associando estabilidade a alta frequência de alelos favoráveis. Foi possível encontrar um HS com bom desempenho nos três ambientes, a despeito da predominância da parte complexa (66 % em média) da interação GxA. O HS L05xL13 destacou-se com a maior produtividade em Morrinhos e a segunda maior

Tabela 2. Efeito da CGC de cada parental para o caráter PSP (kg/ha) dos dialelos 1 e 2.

Parental	Morrinhos	Dialelo 1			Média
		Paracatu	Patos de Minas		
L03	-1600.284	231.375	327.875		-347.011
L05	819.053	231.500	-149.125		300.476
L08	-842.805	-578.688	-422.313		-614.602
L09	-1414.304	-439.750	-561.000		-805.018
L10	-259.250	-277.625	-473.188		-336.687
L11	-142.794	162.063	804.688		274.652
L12	23.048	161.938	64.000		82.995
L13	<b>3465.537</b>	<b>879.625</b>	<b>1281.438</b>		<b>1875.533</b>
L14	-553.855	92.563	-1158.438		-539.910
L19	505.654	-463.000	286.063		109.572
		Dialelo 2			
L01	-1346.947	-1036.476	-2060.077		-1481.167
L02	-621.429	163.016	-294.578		-250.997
L04	1313.414	<b>1358.359</b>	1846.568		<b>1506.114</b>
L06	-611.538	-832.989	-1123.755		-856.093
L07	<b>1797.994</b>	1058.223	1047.206		1301.141
L15	1110.277	101.629	1384.787		865.564
L16	1674.789	884.415	<b>2653.682</b>		1737.629
L17	-2004.716	-1208.588	-2014.964		-1742.756
L18	-793.629	-681.620	-1213.046		-896.098
L20	-518.216	193.940	-225.823		-183.366



em Patos de Minas, onde sobressaiu-se o HS L09xL11. No dialelo 2 não houve uma linhagem que se destacasse quanto à CGC nos três ambientes. As maiores CGC foram verificadas para L07, em Morrinhos, L04 em Paracatu e L16 em Patos de Minas. Com o efeito não significativo da interação GxA no dialelo 2, destacou-se o

**Tabela 3.** Médias de PSP (Kg/ha) dos híbridos avaliados no Dialelo 1, nos três ambientes, ecovalência [Wi(%)] e média geral de PSP (Kg/ha) dos híbridos avaliados no Dialelo 2.

Genótipos	Dialelo 1					Dialelo 2	
	Médias de PSP (Kg/ha)					Média Geral de PSP (Kg/ha)	
	Morrinhos	Paracatu	Patos de Minas	Geral	Wi(%)	Genótipos	
L03xL05	9022	10185	11110	10110	0.9542	L01xL02	6151
L03xL08	3830	8518	9260	7203	5.8721	L01xL04	7392
L03xL09	4498	8334	10410	7746	4.5298	L01xL06	5567
L03xL10	7843	7963	12000	9269	0.6494	L01xL07	8453
L03xL11	7125	9444	11630	9400	1.7540	L01xL15	7220
L03xL12	7359	<b>10926</b>	11820	10030	3.5128	L01xL16	8809
L03xL13	10750	8704	14850	11430	2.4921	L01xL17	5264
L03xL14	4746	6666	8630	6681	1.1881	L01xL18	6337
L03xL19	9554	6852	12890	9765	2.5133	L01xL20	6837
L05xL08	7073	5926	9444	7481	0.1719	L02xL04	9395
L05xL09	6345	7037	8074	7152	0.7762	L02xL06	8577
L05xL10	8405	9260	11260	9641	0.3486	L02xL07	8368
L05xL11	9380	9074	11370	9941	0.0952	L02xL15	7871
L05xL12	8696	8518	12410	9874	0.3789	L02xL16	9807
L05xL13	<b>14960</b>	9815	15150	13310	5.3497	L02xL17	7130
L05xL14	12360	9444	10070	10630	5.3718	L02xL18	6629
L05xL19	7842	8334	9889	8688	0.4053	L02xL20	7941
L08xL09	7483	7593	8000	7692	1.5871	L04xL06	9123
L08xL10	8988	7778	10630	9132	0.2408	L04xL07	9238
L08xL11	8666	9444	14000	10700	1.8393	L04xL15	11450
L08xL12	8723	9074	12220	10010	0.2279	L04xL16	<b>12100</b>
L08xL13	11110	7963	10780	9951	2.4880	L04xL17	8378
L08xL14	7399	7408	9963	8257	0.0328	L04xL18	8785
L08xL19	7512	7407	12300	9072	1.4194	L04xL20	9790
L09xL10	9932	7222	11440	9533	1.3139	L06xL07	7732
L09xL11	9399	8704	<b>15410</b>	11170	4.1509	L06xL15	8444
L09xL12	6855	9074	12590	9507	2.6504	L06xL16	9372
L09xL13	9320	9444	10300	9687	1.0297	L06xL17	4915
L09xL14	6751	7408	8185	7448	1.0082	L06xL18	6749
L09xL19	5631	7408	11070	8038	2.0879	L06xL20	6553
L10xL11	5558	7222	9778	7520	1.0671	L07xL15	10100
L10xL12	5941	5741	6852	6178	0.8821	L07xL16	11870
L10xL13	11890	9630	11440	10990	2.1094	L07xL17	9298
L10xL14	6383	10556	10740	9226	4.7461	L07xL18	8322
L10xL19	10510	8148	12040	10230	0.9556	L07xL20	10620
L11xL12	5076	7037	9445	7186	1.3618	L15xL16	10430
L11xL13	12110	7963	13000	11020	3.3756	L15xL17	7443
L11xL14	8884	8889	10630	9468	0.3080	L15xL18	9334
L11xL19	10190	9260	11150	10200	0.5859	L15xL20	8512
L12xL13	14290	9630	12480	12130	5.7883	L16xL17	6479
L12xL14	9894	8334	11520	9915	0.3750	L16xL18	9166
L12xL19	10880	8704	11150	10240	1.3375	L16xL20	9748
L13xL14	9029	10740	10700	10160	2.0547	L17xL18	5004
L13xL19	11800	8889	11520	10740	2.2503	L17xL20	6026
L14xL19	7652	7037	10260	8316	0.0327	L18xL20	6384
DO-03	11180	8148	10190	9838	3.1497	DO-03	10660
DO-04	9538	7592	12110	9747	0.8222	DO-04	8355
Eliza	6069	3889	7667	5875	0.7886	Eliza	3464
Sofia	4830	4630	13560	7672	11.5695	Sofia	8745



HS LO4xL16 na média dos três ambientes (Tabela 3). Ao se comparar o desempenho dos materiais comerciais com os HS avaliados, nota-se que é possível o desenvolvimento de HS superiores quanto à característica PSP, nos dois dialelos.

A Tabela 4 apresenta as relações encontradas entre os componentes quadráticos das CGC ( $\phi_g$ ) e CEC( $\phi_s$ ) para o caráter PSP. No dialelo 1, os efeitos genéticos de dominância prevaleceram aos aditivos, enquanto que no grupo de linhagens avaliadas no dialelo 2 foi observado o inverso. Portanto, a variabilidade genética existente entre as linhagens para PSP indica um maior potencial de exploração da heterose no dialelo 1, enquanto que, no dialelo 2, devido à predominância da variação aditiva, espera-se, conforme sugerido por Pacheco (1997), maior sucesso com a formação de sintéticos visando melhoramento intrapopulacional.

**Tabela 4.** Componentes quadráticos da CGC e CEC e relação  $\phi_g/\phi_s$  para PSP (Kg/ha) nos dialelos 1 e 2 estimados para cada ambiente a partir da análise de variância conjunta.

	Dialelo 1			Dialelo2		
	$\phi_g$	$\phi_s$	$\phi_g/\phi_s$	$\phi_g$	$\phi_s$	$\phi_g/\phi_s$
Morrinhos	17943605	2469136	0.79	1640217	190947	8.59
Paracatu	-46468	-475729	-	725283	270985	2.68
Patos de Minas	341384	1757806	0.19	2600887	81402	31.95
Conjunta	1574122	3528770	0.45	4718330	756097	6.24

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 1994. 390p.
- GRIFFING, B.A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences, Victoria*, v.9, p.463-493, 1956.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J. B. *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa State University, 1981. 468p.
- PACHECO, C. A. P. *Associação das metodologias de análise dialélica de Griffing de análise de adaptabilidade e estabilidade de Eberhart e Russell*. Viçosa, UFV, 1997. 118p. Tese Doutorado
- SOUZA, I. R. P.; MAIA, A. H. N.; ANDRADE, C. L. T. *Introdução e avaliação de milho doce na região do baixo Paranaíba*. Parnaíba: EMBRAPA-CNPAP, 1990. 7p. (EMBRAPA. CNPAP. Pesquisa em Andamento, 3).
- TRACY, W.F. Sweet corn. In: HALLAUER, A. R. *Specialty Corns*. New York: CRC Press, , 1994.