

## **Populações de Germoplasma Semi-Exótico para Resistência ao Calor**

João Antonio da Costa Andrade<sup>1</sup> e José Branco de Miranda Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, SP, [jandrade@bio.feis.unesp.br](mailto:jandrade@bio.feis.unesp.br). <sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Jataí, GO, [jbmiranda45@usp.br](mailto:jbmiranda45@usp.br)

**RESUMO** - Foram avaliadas quatro fontes de germoplasma exótico sendo três (BR 5011 - Sertanejo, BR 5028 - São Francisco, BR 5033 - Asa Branca) introduzidos pela EMBRAPA e uma (CRIOULO) procedente de Honduras, todas com potencial para tolerância ao calor. Foram usadas duas populações locais (GO-Dente e GO-Flint) como base para a introgressão. Os oito híbridos (exótico x base) foram avaliados em dois locais (Ilha Solteira, SP; Anhembi, SP) em blocos casualizados com quatro repetições, onde foram avaliados quinze e três caracteres, respectivamente. Houve diferenças significativas entre os híbridos semi-exóticos nos dois locais e na análise conjunta dos locais. Porém, não foram significativas as diferenças entre as populações base na média dos híbridos e a interação exóticos x populações base. A variedade CRIOULO mostrou a menor produtividade nos híbridos em ambos os locais e na análise conjunta; também exibiu a maior precocidade. A variedade São Francisco mostrou, igualmente, o melhor desempenho nos híbridos. Quanto à altura da planta, os híbridos semi-exóticos não diferiram fortemente das testemunhas, mas todos apresentaram maior posição relativa da espiga. Concluiu-se que para a síntese de novas populações semi-exóticas com potencial para tolerância ao calor, não se justifica a diferenciação entre as populações base.

**Palavras chave:** germoplasma exótico, tolerância ao calor, composto

### **Introdução**

O germoplasma de milho no Brasil é caracterizado por uma ampla variabilidade, incluindo raças locais ou indígenas, populações adaptadas e germoplasma exótico ou semi-exótico (introduzidos de outras regiões) e também linhagens utilizadas nos programas de milho híbrido. Entretanto, em geral estima-se que apenas uma pequena porção da variabilidade tem sido efetivamente utilizada no sistema produtivo. No Brasil, a introdução de germoplasma exótico tem representado uma contribuição importante e contínua para o melhoramento (MIRANDA FILHO e VIÉGAS, 1987) e, recentemente, a utilização de novas fontes de germoplasma tem despertado o interesse de pesquisadores, principalmente em relação a problemas de tolerância a estresses bióticos e abióticos (NASS *et al.*, 2001).

Um dos problemas do milho que tem sido pouco investigado refere-se à sensibilidade a altas temperaturas. Existem no Brasil várias regiões agrícolas que apresentam temperaturas diurnas e noturnas acima dos valores considerados ótimos. Conforme Silva *et al.* (2001), praticamente todas as regiões que apresentam estresse por calor devido às temperaturas máximas, sofrem também com o estresse produzido por mínimas acima dos 20°C (DURÃES, 2007). Diante deste quadro, a busca de germoplasma (local ou exótico) com potencial de tolerância ao calor aparece como imposição para o melhoramento genético que possa trazer contribuições reais neste contexto. No presente trabalho, foram avaliadas algumas fontes de germoplasma com potencial para tolerância ao calor para fins de introgressão em populações locais adaptadas.

### Material e Métodos

O projeto se resume na introgressão de germoplasma exótico em duas populações locais adaptadas (compostos 5. GO-*Dent* e 6. GO-*Flint*) tomadas como base. Como fontes de introgressão foram escolhidas quatro populações: três da EMBRAPA (1. BR 5011 • [CMS 11]: Sertanejo; 3. BR 5028 • [CMS 28]: São Francisco); 4. BR 5033 • [CMS 33]: Asa Branca) e uma variedade (2. CRIOULO) introduzida de Honduras. Foram feitos os cruzamentos das quatro populações exóticas com as duas populações base e os oito híbridos interpopulacionais foram avaliados em dois experimentos (E<sub>I</sub> - Ilha Solteira, SP; E<sub>II</sub> - Anhembi, SP) delineados em blocos casualizados com quatro repetições de parcelas duplas (5m em E<sub>I</sub>; 4m em E<sub>II</sub>), com espaçamento de 0,9m entre linhas. Em E<sub>I</sub> foram analisados os caracteres: P<sub>E</sub> - peso total de espigas (kg), P<sub>E10</sub> - peso de 10 espigas sadias (kg), P<sub>G10</sub> - peso de grãos de 10 espigas (kg), F<sub>M</sub> e F<sub>F</sub> - florescimento masculino e feminino (dias após a emergência), U<sub>M</sub> - umidade do grão (%), A<sub>P</sub> - altura da planta (cm), A<sub>E</sub> - altura da espiga (cm), P<sub>R</sub> - posição relativa da espiga, N<sub>G</sub> - nota geral para doenças (1. sadia a 5. totalmente doente), C<sub>S</sub> - sintoma de *corn stunt* ou enfezamento (número de plantas na parcela), R<sub>Q</sub> - nota de requeima (5. sem requeima a 1. com requeima até a folha da espiga), P<sub>A</sub> - número de plantas acamadas, P<sub>Q</sub> - número de plantas quebradas. O estande final (S<sub>T</sub>) e o número de espigas na parcela (N<sub>E</sub>) foram tomados somente para fins de correção da produção. Em E<sub>II</sub> foram analisados N<sub>E</sub>, P<sub>E</sub> e P<sub>G20</sub> (peso de grãos de 20 espigas). Para os caracteres avaliados nos dois locais foi feita a análise conjunta, porém considerando somente os híbridos semi-exóticos porque as testemunhas não foram comuns.

### Resultados e Discussão

As médias de três caracteres avaliados em Anhembi (experimento **En**) são apresentadas na Tabela 1. A média dos híbridos interpopulacionais semi-exóticos variou de 5,6 a 8,0 t ha<sup>-1</sup>, sendo que as menores foram dos híbridos envolvendo a variedade exótica CRIOULO. As outras três fontes de exóticos são variedades introduzidas do CIMMYT (México) pela EMBRAPA mas já passaram por ciclos de seleção recorrente na região Nordeste do Brasil (CARVALHO et al., 1994, 2000a, 2000b). Os melhores híbridos foram com a população BR 5028 (São Francisco), com produção (P<sub>E</sub>) de 86% e 89% da testemunha nos cruzamentos com GO-Dent e GO-Flint. Para o peso de grãos, esses valores representaram 91,8% e 87,9%, respectivamente. Pelos resultados deste local observa-se um bom potencial de produtividade dos híbridos semi-exóticos, indicando a viabilidade da introgressão de germoplasma exótico para tolerância ao calor.

Na Tabela 2 são apresentados os dados de 14 caracteres dos híbridos semi-exóticos avaliados em Ilha Solteira (SP), em condição de temperatura mais elevada do que a de Anhembi. Para P<sub>E</sub> confirmou-se a superioridade de BR 5028 (89% e 88% da média das testemunhas) e inferioridade dos híbridos de CRIOULO. Para P<sub>E10</sub> e P<sub>G10</sub>, também sobressaíram os híbridos H<sub>15</sub> (Sertanejo x GO-Dent) e H<sub>46</sub> (Asa Branca x GO-Flint) com valores próximos da média das testemunhas. Pelos níveis de produtividade, confirma-se o potencial dos híbridos semi-exóticos para a síntese de novas populações com potencial para tolerância ao calor. Quanto ao tempo de florescimento (F<sub>M</sub> e F<sub>F</sub>), constatou-se a maior precocidade dos híbridos com CRIOULO. Quanto à arquitetura da planta, as médias de A<sub>P</sub> não diferiram muito das testemunhas, porém todos os híbridos tiveram A<sub>E</sub> superiores. Do mesmo modo, a posição relativa da espiga foi superior a 0,5 (entre 0,53 a 0,59) para todos os híbridos. Os demais caracteres são mostrados como informação adicional sobre as populações envolvidas.

Na análise da variância para o experimento **En** observou-se significância (P < 0,01) para os três caracteres (Tabela 3). Para os caracteres de produção, os coeficientes de variação foram relativamente baixos. Na Tabela 4 são apresentados os resultados da análise da variância para 12 caracteres avaliados no experimento **Et**. Pelos valores do teste F, conclui-se que houve pouca expressão dos caracteres P<sub>E10</sub>, P<sub>G10</sub>, N<sub>G</sub> e P<sub>A</sub>. Uma análise conjunta para os dois locais é apresentada na Tabela 3, envolvendo somente os híbridos semi-exóticos. Houve significância para a variação entre locais, entre híbridos e para a interação híbridos x locais. Entretanto no desdobramento da variação entre híbridos, houve significância para a variação entre exóticos para a média (t ha<sup>-1</sup>) dos dois respectivos híbridos, que foram 5,575 (BR 5011), 4,928 (CRIOULO), 6,106 (BR 5028) e 5,703 (BR 5033), confirmando a superioridade da

variedade São Francisco no conjunto dos exóticos. A diferença entre as populações-base (GO-Dent e GO-Flint) não foi significativa, cujas médias foram 5,52 e 5,63 t ha<sup>-1</sup>. A interação exóticos x população base não foi significativa, indicando que as populações base se comportaram de maneira semelhante no cruzamento com os exóticos. Em estudos anteriores (SILVA et al., 1999; SILVA, 2001; SILVA e MIRANDA FILHO, 2003) foi relatado que as populações base GO-Dent e GO-Flint foram muito semelhantes em produtividade (t ha<sup>-1</sup>) em experimentos em Anhembi (4,94 vs. 5,13), Jataí (8,33 vs. 7,99) e Piracicaba (7,07 vs. 7,11), mas um pouco discrepante em Anhembi em época de safrinha (5,66 vs. 4,06). Igualmente, Reis e Miranda Filho (2011) relataram produção de 9,58 e 9,79 t ha<sup>-1</sup> (superiores ao híbrido AGN-3050) para os compostos GO-Dent e GO-Flint avaliados em Jataí (GO).

### Conclusões

A avaliação de quatro fontes de germoplasma exótico, como fonte de tolerância ao calor, em cruzamento com duas populações locais adaptadas, mostrou resultados bastante promissores. Houve diferenças entre os exóticos na média dos respectivos híbridos, mas não houve diferença entre as duas populações base, indicando que a diferenciação entre elas não se justifica para fins de síntese de novas populações (semi-exóticas) com bom potencial de produtividade e variabilidade para tolerância ao excesso de temperatura.

### Literatura Citada

- CARVALHO, H.W.L.; LEAL, M.L.S.; SANTOS, M.X. & PACHECO, C.A.P. Potencial genético da cultivar BR 5011 – Sertanejo nos tabuleiros costeiros do nordeste brasileiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 35, p. 1169 – 1176, 2000 a.
- CARVALHO, H.W.L.; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G. & MAGNAVACA, R. Três ciclos de seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos na população de milho BR 5028 – São Francisco, no nordeste brasileiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 29, p. 1727- 1733.1994.
- CARVALHO, H.W.L.; SANTOS, M.X.; LEAL, M.L.S. & CARVALHO, P.C.L. Melhoramento genético da cultivar de milho BR 5033 – Asa Branca no nordeste brasileiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 35, p.1417-1425.2000 b.
- DURÃES, F.O.M. 2007. Limitações fisiológicas do milho nas condições de plantio nas regiões tropicais baixas. [http://www.com/Artigos/2007\\_1/limitemilho/index.htm](http://www.com/Artigos/2007_1/limitemilho/index.htm)
- MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. **Milho Híbrido**. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Ed.), Melhoramento e Produção do Milho. Ed. Fundação Cargill, 1987.

NASS, L.L.; MIRANDA FILHO, J.B.; SANTOS, M.X. **Uso de germoplasma exótico no melhoramento**. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. (Ed.), Recursos Genéticos e Melhoramento: Plantas. Fundação MT, Rondonópolis (MT), p. 101-122, 2001.

REIS, E.F.; MIRANDA FILHO, J.B. Variabilidade genética de populações de milho adaptadas à região do sudoeste de Goiás. Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas (Resumos), 2011.

SILVA, R.M. Valor genético e potencial heterótico de populações de milho (*Zea mays* L.). Tese de Doutorado. ESALQ/USP, Piracicaba (SP), 2001.

SILVA, R.M.; MIRANDA FILHO, J.B. Heterosis expression in crosses between maize populations: ear yield. **Scientia Agricola**, v. 60, p. 519-524, 2003.

SILVA, R.M.; MIRANDA FILHO, J.B.; NISHIKAWA, M.A.N.; NASS, L.L. Potencial genético de seis populações de milho. **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, p.616 (Supplement), 1999.

Tabela 1. Médias de três caracteres em híbridos interpopulacionais semi-exóticos. Anhembi, SP.

Tratamentos	Número espigas	Peso de espigas			Peso de grãos (20 esp)		
		kg/par	t ha <sup>-1</sup>	% test	kg/par	t ha <sup>-1</sup>	% test
1. H <sub>15</sub> • BR 5011 x GO-D	34,3	4,390	6,860	76,0	1,984	6,199	78,6
2. H <sub>16</sub> • BR 5011 x GO-F	37,5	4,451	6,955	77,0	2,098	6,555	83,1
3. H <sub>25</sub> • CRIOULO x GO-D	38,5	3,660	5,719	63,4	1,641	5,129	65,0
4. H <sub>26</sub> • CRIOULO x GO-F	37,5	3,600	5,625	62,3	1,673	5,227	66,2
5. H <sub>35</sub> • BR 5028 x GO-D	38,3	4,950	7,735	85,7	2,319	7,246	91,8
6. H <sub>36</sub> • BR 5028 x GO-F	38,3	5,123	8,004	88,7	2,220	6,938	87,9
7. H <sub>45</sub> • BR 5033 x GO-D	33,8	4,173	6,520	72,2	1,999	6,246	79,2
8. H <sub>46</sub> • BR 5033 x GO-F	35,5	4,971	7,768	86,0	2,300	7,188	91,1
9. Testemunha (DAS)	40,5	5,778	9,028	100,0	2,525	7,891	100,0

Tabela 2. Médias de 14 caracteres em híbridos interpopulacionais semi-exóticos. Ilha Solteira, SP.

Caráter <sup>c</sup>	Híbridos interpopulacionais <sup>a</sup>								Testemunhas <sup>b</sup>	
	H <sub>15</sub>	H <sub>16</sub>	H <sub>25</sub>	H <sub>26</sub>	H <sub>35</sub>	H <sub>36</sub>	H <sub>45</sub>	H <sub>46</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
PE	4,605	4,412	4,594	4,071	4,726	4,663	4,379	4,722	5,579	5,028
PE%	86,8	83,2	86,6	76,8	89,1	87,9	82,6	89,0	105,2	94,8
PE10	1,445	1,136	1,173	1,024	1,333	1,346	1,203	1,458	1,386	1,416
PE10%	103,1	81,1	83,7	73,1	95,1	96,1	85,8	104,0	98,9	101,1
PG10	1,204	0,921	1,081	0,875	1,054	1,079	0,993	1,189	1,301	1,14
PG10%	98,6	75,5	88,6	71,7	86,3	88,4	81,3	97,4	106,6	93,4
FM	43,3	43,5	40,5	38,3	42	43	42,8	42,3	41,8	45
FF	48,5	46,8	45,5	44	45,5	46,8	46,3	47,8	45,8	47,5
UM	15,2	15,2	12,8	12,2	13,0	14,9	14,1	15,2	15,5	16,6
AP	243	231	230	218	233	234	239	234	241	224
AP%	104	99	99	94	100	101	103	102	104	96
AE	137	136	129	116	127	134	132	129	123	118
AE%	113,3	112,7	107,3	96,3	105,6	110,8	109,1	107,1	102,1	97,9
PR	0,56	0,59	0,56	0,53	0,55	0,57	0,55	0,55	0,51	0,53
NG	2,5	2,8	2,8	2,1	2,8	3,1	3,1	1,8	2,5	1,5
Cs	6,5	7,3	7,0	5,3	7,0	7,0	7,0	6,0	1,5	0,3
RQ	3,3	3,4	3,1	4,1	3,8	3,3	4	2,6	2,4	1,6
PA	4,5	3,8	4	5	6,5	5,5	5,5	6,3	6,8	4,3
PQ	7,8	6,5	12	9,5	15,3	6,3	7,3	4,8	12,8	0

<sup>a</sup> [Populações: 1- BR 5011 (Sertanejo), 2 - Crioulo (Honduras), 3 - BR 5028 (São Francisco), 4 - BR 5033 (Asa Branca)]. <sup>b</sup> [Testemunhas: T<sub>1</sub> - HS 2450, T<sub>2</sub> - DKB 333B]. <sup>c</sup> [Ver descrição no texto (% significa percentual em relação à média das testemunhas)].

Tabela 3. Análise da variância para três caracteres em híbridos semi-exóticos. Anhembi, SP.

Fonte	Anhembi (SP)				Conjunta*	
	GL	NE	PE	PG20	GL	PE
Locais (L)	---	---	---	---	1	397,61**
Tratamentos (T)	8	19,194**	2,0213**	3,488**	7 <sup>y</sup>	40,996**
T x L	---	---	---	---	7	17,367**
Erro*	24	7,074	0,1441	0,4002	51	4,680
Média		37,1	4,566	2,084		4,468
CV%		7,17	8,312	9,59		---

\* [Análise conjunta dos locais Anhembi (SP) e Ilha Solteira (SP), ajustada para parcelas de 4,5m<sup>2</sup>; inclui somente os 8 híbridos; quadrados médios (Q) calculados com médias de 4 repetições e multiplicados por 10<sup>2</sup>]. <sup>y</sup> [Desdobramento dos gl: Q<sub>E</sub> = 77,38\*\*, Q<sub>B</sub> = 3,78, Q<sub>EB</sub> = 17,02\*, para populações exóticas (E), populações base (B) e interação E x B com 3, 1 e 3 gl, respectivamente]. \* [Erro experimental na análise individual e erro médio na análise conjunta]. \*\*, \*: F significativo 1% e 5%, respectivamente.

Tabela 4. Análise de variância para 12 caracteres em híbridos semi-exóticos. Ilha Solteira, SP.

Caracteres	Quadrados médios		$\phi$	$F_{\text{trat}}$	Média	CV%
	Tratamentos	Erro				
Peso total de espigas	6,5704	1,5354	$10^{-1}$	4,28	4,678	8,4
Peso de 10 espigas	8,8038	4,5365	$10^{-2}$	1,94	1,292	16,5
Peso de grãos (10 espigas)	6,8949	3,6193	$10^{-2}$	1,91	1,084	17,6
Florescimento masculino	13,469	1,0100	---	3,82	42,2	2,4
Florescimento feminino	6,8917	1,8028	---	3,82	46,4	2,9
Umidade na colheita	7,9149	0,8529	---	9,28	14,5	6,4
Altura da planta	2,2652	0,4779	$10^2$	4,74	232,7	3,0
Altura da espiga	1,9863	0,4315	$10^2$	4,60	128,0	5,1
Nota geral de doenças	1,1868	0,6794	---	1,75	2,49	33,1
Plantas com requeima	2,3583	0,5602	---	4,21	3,15	23,8
Plantas acamadas	4,6000	9,8222	---	0,47	5,2	60,3
Plantas quebradas	7,7100	1,7537	10	4,40	8,2	51,1

$\phi$  - Fator de multiplicação dos quadrados médios