

## Adaptabilidade e Estabilidade de Híbridos de Milho Quanto aos Teores de Ácido Fítico nos Grãos

Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães<sup>1</sup>, Valéria Aparecida Vieira Queiroz<sup>2</sup>; Paulo Eduardo de Aquino Riibeiro<sup>3</sup>, Robert Eugene Schaffert<sup>4</sup>, Walter Fernandes Meirelles<sup>5</sup>, Milton José Cardoso<sup>6</sup> e Lauro José Moreira Guimarães<sup>7</sup>

Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, [evaristo@cnpms.embrapa.br](mailto:evaristo@cnpms.embrapa.br)<sup>1</sup>, [valeria@cnpms.embrapa.br](mailto:valeria@cnpms.embrapa.br)<sup>2</sup>, [pauloedu@cnpms.embrapa.br](mailto:pauloedu@cnpms.embrapa.br)<sup>3</sup>, [shaffer@cnpms.embrapa.br](mailto:shaffer@cnpms.embrapa.br)<sup>4</sup>, [walter@cnpso.embrapa.br](mailto:walter@cnpso.embrapa.br)<sup>5</sup>, e [lauro@cnpms.embrapa.br](mailto:lauro@cnpms.embrapa.br)<sup>7</sup> e Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, [miltoncardoso@cpamn.embrapa.br](mailto:miltoncardoso@cpamn.embrapa.br)<sup>6</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e a estabilidade de híbridos de milho quanto aos teores de ácido fítico (AF) nos grãos. Devido ao AF reduzir a biodisponibilidade de Fe e Zn, é considerado como importante fator antinutricional, causando impacto no estado nutricional e na saúde de populações em risco. Foram avaliados 36 híbridos em 7 ambientes. Os grãos foram analisados para AF pelo método colorimétrico baseado na análise indireta do fósforo fítico após reação de cor do Fe contido no sobrenadante com o reagente 2,2'-bipiridina. A análise conjunta mostrou efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para genótipos, ambientes e interação G X A, indicando variabilidade para essas fontes de variação e necessidade de avaliação de múltiplos genótipos em múltiplos ambientes. Observou-se grande variação quanto à adaptabilidade, mas não para estabilidade, pois todos os híbridos foram instáveis para AF. Considerando que baixos teores de AF são desejáveis, o que se buscou nesse conjunto de híbridos foram materiais que apresentassem os menores valores médios e fossem estáveis e poucos responsivos para essa característica. Três híbridos, apesar de instáveis, foram selecionados por apresentarem os mais baixos valores médios de AF e pouca resposta quanto aos ambientes.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., ácido fítico, adaptabilidade, estabilidade, híbridos

### Introdução

Um número superior a um bilhão de consumidores da África Subsaariana e da América Latina têm o milho como alimento básico e em algumas situações esse cereal constitui a única fonte diária da alimentação, a exemplo das populações do México e Nordeste do Brasil, onde esse alimento é a principal fonte de energia na dieta (DUARTE, 2000).

No entanto, o milho, assim como outros cereais e leguminosas, possui em sua composição substâncias capazes de formar complexos insolúveis com minerais e proteínas, reduzindo, assim, a disponibilidade desses nutrientes para absorção no trato intestinal. A utilização de dietas ricas nesses compostos, dentre eles o ácido fítico (AF), é considerada uma das principais causas da deficiência de Fe e Zn em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento (LESTIENNE et al., 2005; GHANDILYAN et al., 2006). Assim, o aumento das concentrações de Fe e Zn e a redução dos teores de AF nesses alimentos, por meio do melhoramento genético vegetal, tem sido considerado como uma estratégia sustentável para melhorar o estado nutricional dessas populações.

Por outro lado, pesquisadores da área de nutrição animal têm demonstrado grande interesse na redução dos níveis de AF em rações de animais monogástricos. Os animais não ruminantes possuem deficiência de fitase e, por isso, são incapazes de hidrolisar o AF do milho, ficando o P fítico complexado em uma matriz orgânica, sob forma biologicamente indisponível para utilização tanto pelos próprios animais quanto pelas plantas. Desse modo, para compensar as deficiências desses nutrientes, há necessidade de suplementação de P na ração dos animais, aumentando o custo de produção, que, por sua vez, é refletido em toda a cadeia agropecuária. Em adição a esses fatores, a alta concentração de AF excretado nas fezes desses animais contamina o solo e a água, contribuindo em larga escala com a poluição ambiental (RABOY, 2001; BRINCH-PEDERSEN et al., 2002).

A utilização de cultivares de milho com altos teores de Fe e de Zn biodisponíveis (menores concentrações de AF combinada com maiores concentrações de Fe e Zn), por parte de agricultores, terá, certamente, grande impacto no estado nutricional e na saúde de populações em risco nutricional, bem como impacto econômico e no ambiente pela redução dos níveis de P indisponível nos solos.

Entender a influência de genótipos e ambientes na expressão de uma característica é fator-chave para o melhoramento genético.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho quanto aos teores de AF nos grãos.

### **Material e Métodos**

Trinta e seis híbridos de milho foram avaliados, na safra 07/08 e safrinha 08, em 7 ambientes: Sete Lagoas- MG, Londrina – PR (safra e safrinha), Conquista - MG, Mata Roma - MA, São Raimundo das Mangabeiras - MA e São Sebastião do Paraíso - MG. Os ensaios foram conduzidos em látice 6 x 6 com 2 linhas de 4 m, espaçamento predominante de 0,80 x 0,20 m e duas repetições. Os tratos culturais nos ensaios seguiram a recomendação para a cultura em cada local. Em cada parcela foram obtidas amostras com cerca de 100 g de grãos.

Para as análises químicas, os grãos foram moídos em moinho tipo Willey com tela de 20 mesh e a farinha armazenada a -18 °C até análise. O ácido fítico foi determinado por meio do método de Haug e Lantzsch (1983), o qual se baseia na análise indireta do fósforo fítico após reação de cor do Fe contido no sobrenadante com o reagente 2,2'-bipiridina.

Realizou-se análise de variância em cada ambiente para a característica AF e a análise conjunta dos sete ambientes. Para a análise de adaptabilidade e estabilidade foi utilizada a

metodologia de Eberhart e Russell (1966). Para a realização de todas as análises foi utilizado o Programa Genes (Cruz, 2006).

### **Resultados e Discussão**

A análise conjunta para AF mostrou efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para todos as fontes de variação: genótipos, ambientes e interação G X A, indicando variabilidade para essa característica e necessidade de avaliação de múltiplos genótipos de milho em múltiplos ambientes para essa característica. Os ambientes Mata Roma e São Sebastião do Paraíso apresentaram as maiores estimativas para AF, enquanto Sete Lagoas e Londrina – safra, as menores (Tabela 1). Quatro ambientes foram considerados desfavoráveis para expressão de AF (índices ambientais negativos) e três favoráveis (índices ambientais positivos).

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros da adaptabilidade e estabilidade para AF. Observou-se variabilidade significativa entre os genótipos (647 a 733 mg.100g<sup>-1</sup>), com média de 684 mg.100g<sup>-1</sup>. Variabilidade significativa para AF (484 a 1056 mg.100 g<sup>-1</sup>) também foi observada por Queiroz et al. (2011) ao analisar grãos de 22 linhagens de milho.

Os híbridos 3E533, DAS 2B710, 1F565 e 3F624 apresentaram os menores valores médios ( $\bullet_0$ ) para AF, enquanto o 1F590 apresentou o maior valor. O coeficiente de regressão linear ( $\bullet_1$ ) é utilizado como indicador da adaptabilidade de um genótipo, ou seja, de sua capacidade de responder a estímulos ambientais. Observou-se grande variação dos híbridos avaliados quanto a sua adaptabilidade, 14 híbridos apresentaram  $\bullet_1$  significativamente maior que 1 (tendência a maiores respostas para mudanças de ambientes), 19 com valores significativamente menores que 1 (tendência a menores respostas para mudanças de ambientes) e dois com  $\bullet_1$  não diferindo de 1, ou seja, medianamente responsivos aos ambientes. Todos os híbridos apresentaram desvios de regressão ( $S^2_d$ ) significativos, classificados portanto como instáveis.

Considerando que baixos teores de AF são desejáveis, o que se procura nesse conjunto de híbridos são materiais que apresentem os menores valores médios e sejam pouco responsivos e estáveis para essa característica. Três híbridos (3E533, 1F565 e 3F624), apesar de instáveis, foram selecionados por apresentarem os mais baixos valores médios de AF e pouca resposta quanto as variações de ambientes.

## Conclusões

Neste estudo, a concentração de AF foi significativamente influenciada pelos híbridos, ambientes e interação GxA, indicando que, para essa característica, programas de melhoramento precisam avaliar múltiplos genótipos em múltiplos ambientes

Observou-se grande variação entre os híbridos quanto a adaptabilidade, mas não para estabilidade, pois todos os materiais foram instáveis para AF.

Três híbridos, apesar de instáveis, foram selecionados por apresentarem os mais baixos valores médios de AF e pouca resposta quanto a variação dos ambientes.

## Agradecimento

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro e a José Mauro Valente Paes – Epamig, pela coleta de amostras em dois ambientes de Minas Gerais

## Literatura Citada

BRINCH-PEDERSEN, H.; SØRENSEN, L. D.; HOLM, P. B. Engineering crop plants: getting a handle on phosphate. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 7, n. 3, p. 118-125, 2002.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: Biometria. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.

DUARTE, J. O. Introdução e importância econômica do milho. In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa- CNPMS, 2000. (Embrapa-CNPMS. Sistemas de Produção, 1).

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

GHANDILYAN, A.; VREUGDENHIL, D.; AARTS, M. G. M. Progress in the genetic understanding of plant iron and zinc nutrition. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 126, p. 407-417, 2006.

HAUG, W.; LANTZSCH, H. J. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal and products. **Journal of the Science of the Food and Agriculture**, London, v. 34, p. 1423-1426, 1983.

LESTIENNE, I.; MOUQUET-RIVIER, C.; ICARD-VERNIÈRE, C.; ROCHETTE, I.; TRÈCHE, S. The effects of soaking of whole, dehulled and ground millet and soybean seeds on phytate degradation and phy/fe and phy/zn molar ratios. **International Journal of Food Science and Technology**, Londres, v. 40, p. 391-399, 2005.

QUEIROZ, V. A. V.; GUIMARAES, P. E. de O.; QUEIROZ, L. R.; GUEDES, E. de O.; VASCONCELOS, V. D. B.; GUIMARAES, L. J.; RIBEIRO, P. E. de A.; SCHAFFERT, R.

E. Iron and zinc availability in maize lines. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 577-583, jul./set. 2011 .

RABOY, V. Seeds for a better future: ‘low phytate’ grains help to overcome malnutrition and reduce pollution. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 6, n. 10, p. 458-462, 2001.

**Tabela 1.** Caracterização de ambientes para teor de ácido fítico em grãos de milho<sup>1</sup>

Ambiente	Média	Índice	Classe
Sete Lagoas - MG	618 e	-65.6	Desfavorável
Londrina - PR (safra)	657 d	-26.4	Desfavorável
São Raimundo das Mangabeiras - MA	674 cd	-9.8	Desfavorável
Conquista - MG	674 cd	-9.1	Desfavorável
Londrina - PR (safrinha)	692 bc	7.7	Favorável
São Sebastião do Paraíso - MG	716 b	32.3	Favorável
Mata Roma - MA	755 a	70.8	Favorável

<sup>1</sup> Médias, em mg.100g<sup>-1</sup> , seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tuckey a 5%.

**Tabela 2.** Parâmetros da adaptabilidade e estabilidade estimados pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) para teor de ácido fítico em grãos de híbridos de milho<sup>1</sup>

Híbrido	• <sub>0</sub>	• <sub>1</sub>	S <sup>2</sup> d
3E533	647 b	0,7**	1209**
DAS 2B710	651 b	1,3**	2129**
1F565	653 b	0,8**	1229**
3F624	655 b	0,7**	113**
DKB 390	657 ab	1,4**	2759**
3G670	661 ab	0,9**	2027**
1F562	661 ab	1,0 <sup>ns</sup>	2118**
1F560	666 ab	1,0 <sup>ns</sup>	2507**
1F558	667 ab	0,9**	961**
1F626	668 ab	0,8**	1884**
P30F35	670 ab	1,7**	1527**
1F640	670 ab	1,4**	962**
BRS 1040	671 ab	1,2**	124**
1F632	673 ab	0,9**	1020**
2E530	674 ab	1,0*	587**
BRS 3025	675 ab	0,8**	939**
3E532	679 ab	0,7**	132**
1F592	680 ab	1,2**	2400**
3E474	683 ab	0,8**	872**
1D225	685 ab	1,3**	604**
1F563	687 ab	0,8**	1563**
3E528	688 ab	1,4**	2123**
1G671	688 ab	1,3**	125**
3E531	691 ab	0,9**	2221**
1D235	694 ab	0,7**	94**
1F557	702 ab	0,9**	3258**
1F630	703 ab	1,6**	2453**
BRS 2022	704 ab	0,3**	661**
3E482	704 ab	0,7**	1816**
1D219	704 ab	1,7**	815**
2F633	704 ab	0,7**	774**
BRS1010	705 ab	1,1**	1037**
2C18EC2	719 ab	0,5**	3244**
2E496	721 ab	1,1**	1443**
1F583	724 ab	0,8**	502**
1F590	733 a	1,1**	3218**

<sup>1</sup> Médias, em mg.100 g<sup>-1</sup>, seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tuckey a 5%. <sup>ns</sup> Não significativo pelo teste t. \*,\*\* Significativamente diferente de 1, a 5% ou 1% de probabilidade, pelo teste t. \*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F para S<sup>2</sup>d