

Adaptabilidade e Estabilidade de Híbridos de Milho em Ambientes de Safrinha na Região Central do Brasil

André Paulo Martinelli^{1,2}, Renato Sergio Borges Pereira², Marcelo Tavares³ e Carlos Juliano Brant Albuquerque⁴

¹Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, apmartinelli@dow.com, ²Dow AgroSciences Ind. Ltda, rpereira4@dow.com – ³Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mtavares@ufu.br ,

⁴Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, pesquisador convidado da ¹Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, carlosjuliano@epamig.br

RESUMO – Trabalhos envolvendo melhoramento do milho são constantemente implementados pela necessidade de híbridos cada vez mais produtivos e adaptados. Para os melhoristas a estabilidade das cultivares frente às variações ambientais é tão importante quanto a busca por cultivares de elevado potencial produtivo. Para tal, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais torna-se possível identificar cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais. Portanto, os objetivos desse trabalho foram estudar os efeitos das interações genótipo x ambiente para adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho para cultivos em ambientes de safrinha na região central do Brasil. Foram utilizados dados de produtividade de grãos provenientes da rede ensaios de avaliação de híbridos da empresa Dow AgroSciences. Os ensaios foram constituídos de 26 híbridos de milho, em 11 ambientes sob o delineamento em blocos casualizados, com 2 repetições. As parcelas foram constituídas de 4 fileiras de 4m, espaçadas 0,50 m com população de 55.000 pl ha⁻¹. Os dados de produtividade de grãos foram submetidos à análise de variância conjunta e a análises de estabilidade utilizando o método “AMMI” (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis). Foram constatadas diferenças significativas (P<0,05) para todas as fontes de variação. Os híbridos 7K8229Hx e 30A91Hx apresentaram as melhores estimativas de estabilidade, com rendimento de grãos acima da média geral. Os híbridos 7K8044Hx, 30A25Hx, 2B587Hx e 30A16Hx apresentaram as maiores médias de produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays*, Interação Genótipo x Ambiente, Estabilidade, AMMI.

Introdução

A cultura do milho ocupa lugar de destaque, não só pelo progresso que tem proporcionado no acúmulo de conhecimento técnico e científico, mas também pelo potencial que representa para o mundo como fonte de alimento. Além disso, a cultura alcança altos níveis de produtividade, em ambientes apropriados e com técnicas de cultivo adequadas (Duvick, 2005). No Brasil foram aproximadamente 15.6 milhões de hectares plantados na safra 2011/12 e destes aproximadamente 7 milhões de hectares na Safrinha 2012 CONAB (2012). Os plantios ocorrem nas mais variadas regiões e épocas, exigindo grande adaptação dos genótipos nos diversos ambientes de plantio.

Para os melhoristas de milho a estabilidade das cultivares frente às variações ambientais é tão importante quanto a busca por cultivares de elevado potencial produtivo, seria interessante que esses fossem produtivos e mais previsíveis possíveis, ou seja, além de adaptabilidade, apresentarem boa estabilidade.

Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais torna-se possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais em condições específicas ou amplas, (ALVES et al. 2006; GARBUGLIO et al, 2007). Estabilidade é a capacidade dos genótipos apresentarem um desempenho constante frente às variações ambientais, ou seja, quanto maior for o efeito do ambiente sobre o genótipo, menor será sua estabilidade (Allard et al., 1964). Adaptabilidade é a capacidade da cultivar em aproveitar vantajosamente o estímulo ambiental quanto à maior produtividade (Mariotti et al., 1976).

Dentre as várias metodologias desenvolvidas nos últimos anos para estudo da interação genótipo x ambiente a análise AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis*) combina, num único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e componentes multiplicativos para os efeitos da interação genótipo x ambiente (DUARTE & VENCOSKY, 1999). Segundo Zobel et al (1988) citado por Duarte & Vencovsky (1999) o método AMMI permite uma análise mais detalhada da interação genótipo x ambiente, garante a seleção de genótipos mais produtivos, propicia estimativas mais precisas das respostas genotípicas e possibilita uma fácil interpretação gráfica dos resultados da análise.

Portanto o objetivo desse trabalho foi estudar os efeitos das interações genótipo x ambiente para adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho para cultivos em ambientes de safrinha na região central do Brasil.

Material e Métodos

Os experimentos foram instalados em onze ambientes da região Central do Brasil na Safrinha de 2011 (Tabela 1). Foram utilizados dados de produtividade de grãos provenientes da rede ensaios de avaliação de híbridos da empresa Dow AgroSciences. Os experimentos foram constituídos de vinte e seis híbridos de milho comerciais e pré-comerciais, sendo híbridos simples e triplos todos de ciclos precoces.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com duas repetições. Os híbridos foram dispostos em parcelas de quatro fileiras de quatro metros espaçadas de 0,50 m; deixando-se 2,75 plantas por metro linear após o desbaste, totalizando 55.000 pl ha⁻¹, sendo a parcela útil apenas as duas linhas centrais. Os tratos culturais foram os mesmos recomendados para a cultura na região. A característica avaliada foi produtividade de grãos corrigida para umidade de 13,0% e transformados para ton ha⁻¹.

Os dados de produtividade de grãos foram submetidos à análise de variância individual e, posteriormente, após verificar as magnitudes dos quadrados médios dos erros máximos e mínimos foi realizada uma análise de variância conjunta envolvendo todos os experimentos. As análises de variância foram realizadas por meio do software SISVAR (Ferreira, 2003) as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% designificância.

Uma vez constatada interação para genótipos x ambiente procedeu-se as análises de estabilidade utilizando o método “AMMI” (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis) (CROSSA et al., 1991) por meio do software Estabilidade, desenvolvido por Ferreira (2002). A interpretação da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos e ambientes foi feita com base na análise gráfica AMMI1 e AMMI2 na forma de gráficos biplot.

Resultados e discussão

Foram constatadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para todas as fontes de variação. A alta significância para fonte de variação Ambientes indica a distinção dos locais de experimentação. Isso, evidencia a influência do ambiente na produtividade de grãos, bem como a importância da regionalização dos resultados (Tabela 2). O coeficiente de variação da análise conjunta foi baixo 10.94% indicando excelente precisão experimental do conjunto de ensaios.

As médias de produtividade em ton ha^{-1} dos vinte e seis híbridos avaliados estão apresentados na Tabela 3. Os resultados demonstraram excelentes produtividades dos híbridos nos ambientes de safrinha. Podemos destacar entre os híbridos mais produtivos o 7K8044Hx, 30A25Hx, 2B587Hx e 30A16Hx com médias entre 8.77 a 9.18 ton ha^{-1} .

O desdobramento da interação genótipo x ambiente pelo método AMMI foi significativo para os modelos AMMI1, AMMI2, AMMI3 e não significativo para os Desvios. Isso indica que os 3 primeiros componentes principais capturaram grande parte da variação. No entanto, a representação gráfica com mais de dois componentes principais se torna confusa e impraticável.

O método AMMI1, explicou apenas 24,93% da SQGXA (Figura 1), Nesta análise os híbridos e ambientes mais próximos da origem indicam que contribuíram menos para interação, ou seja, são mais estáveis. Dos vinte e seis híbridos avaliados, quinze obtiveram médias superiores a média geral (8.207 ton.ha^{-1}). Os híbridos P3646H, 7K8229Hx, 30A91Hx, 7K8277 e AG9010Yg, foram os mais estáveis contribuindo pouco para variância. Entre eles,

o híbrido AG9010Yg apresentou a menor média geral (6.43 ton.ha⁻¹) e P3646H e 7K8229Hx as 5ª e 6ª melhor média (8.69 e 8,67 ton.ha⁻¹). Com a metodologia AMMI podemos estender os conceitos de estabilidade para os ambientes, dessa forma os ambientes Tapurah – MT, Campo Novo do Parecis – MT, Nova Mutum – MT e São Gabriel do Oeste –MS foram os mais estáveis. No entanto, os ambientes Campo Verde – MT e Primavera do Leste – MT foram os que apresentaram as maiores médias de produtividade.

A soma dos dois primeiros componentes principais (IPCA) do AMMI2 explicaram 43.09% da SQGXA (Figura 2). Oliveira et al. (2010), trabalhando com análise da estabilidade de genótipos de milho, cultivados no verão em todo território brasileiro, observou que o modelo AMMI2 explicou 34,02% da SQGXA. Dessa forma, a explicação obtida pelo AMMI2, no presente trabalho, está condizente com o reportado por esses autores.

Pelo método AMMI2, os genótipos e ambientes com menores IPCAs indicam que contribuíram menos para interação, ou seja, são mais estáveis. Os híbridos 30A91Hx, 2A106 e 7K8229Hx obtiveram os menores IPCA podendo ser considerado os mais estáveis. Destes o 2A106 foi o que apresentou a segunda pior média geral (6.92 ton.ha⁻¹) e 7K8229Hx a melhor média (8.67 ton.ha⁻¹). A determinação do genótipo ideal está relacionado às maiores médias e os menores IPCA. A metodologia AMMI2 também permite agrupar os ambientes mais próximos que com desempenho semelhantes dos híbridos, desta forma podemos formar 3 grupos: 1) Jataí – GO e Montividiu – GO; 2) S. J. Aliança – GO, Primavera do Leste – MT, Diamantino – MT e Campo Novo do Parecis – MT e 3) Tapurah – MT, Nova Mutum – MT, Lucas do Rio Verde – MT, Campo Verde – MT e São Gabriel do Oeste – MS.

Conclusões

Os híbridos 7K8229Hx e 30A91Hx apresentam boa estabilidade, com rendimento de grãos acima da média geral.

Os híbridos 7K8044Hx, 30A25Hx, 2B587Hx e 30A16Hx apresentam as maiores médias de produtividade.

Literatura Citada

ALVES, S. J.; TOLEDO, J. F. F.; ARAUJO, P. M.; GARBUGLIO, D. D. Comportamento de diferentes classes genéticas de milho com relação à estabilidade e adaptabilidade. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.2, p.291-303, 2006.

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotypes-environmental interactions in applied plant breeding. Crop Science, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, Sept./Oct. 1964.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim Grãos 7º Levantamento de Safra 2011/12 Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 14 maio. 2012.

CROSSA, J.; FOX, P. N.; PFEIFFER, W. H.; RAJARAM, S.; GAUCH, H. G. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 81, p. 27-37, 1991.

DUVICK, D. N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.), *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 86, p. 83-145, 2005.

DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. Interação genótipo x ambientes: uma introdução a análise AMMI. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. (Série Monografias, 9).

FERREIRA, D.F. SISVAR: Sistema de análise de variância. Versão 4.6. Lavras: UFPA/DEX, 2003.

FERREIRA, D.F. Programa Estabilidade, 2002. Disponível em: <www.dex.ufpa.br>. Acesso em 29 nov. 2011.

GARBUGLIO, D. D.; GERAGE, A. C.; ARAUJO, P. M.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; SHIOGA, P. S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 2, 2007.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar I: Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronômica Del Noroeste Argentino*, Tucumán, v. 13, n. 14, p. 105-127, 1976.

OLIVEIRA, R. L. Uso dos métodos AMMI e GGE Biplot para análises da adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho e estratificação ambiental. 2009. 55f. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2009.

OLIVEIRA, R. L.; VON PINHO, R. G.; BALESTRE, M.; FERREIRA, D.; Evaluation of maize hybrids and environmental stratification by the methods AMMI and GGE biplot. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* v10: 247-253, 2010.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*. Madison, v.80, p.388-393. 1988.

Tabela 1 – Descrição dos locais dos experimentos na safrinha 2011. Dow AgroSciences, 2011.

Ambientes	Município	Altitude	Data de plantio	Data de colheita
AMB01	Jataí, GO	884	22/02/2011	25/07/2011
AMB02	Montividiu, GO	860	01/02/2011	18/06/2011
AMB03	São João da Aliança, GO	900	02/02/2011	05/07/2011
AMB04	Campo Novo Parecis, MT	600	18/02/2011	12/07/2011
AMB05	Campo Verde, MT	736	08/02/2011	06/07/2011
AMB06	Diamantino, MT	600	21/02/2011	07/07/2011
AMB07	Primavera do Leste, MT	636	12/02/2011	08/07/2011
AMB08	São Gabriel d'Oeste, MS	680	02/02/2011	07/07/2011
AMB09	Lucas do Rio Verde, MT	440	19/02/2011	04/07/2011
AMB10	Nova Mutum, MT	440	10/02/2011	23/06/2011
AMB11	Tapurah, MT	450	05/02/2011	24/06/2011

Tabela 2 – Análise de variância conjunta para produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) com desdobramento da interação genótipo x ambiente pelo método AMMI, com respectivas proporções da soma de quadrados da interação GxA acumulada nos três primeiros componentes da análise AMMI, de vinte e seis híbridos e onze ambientes. Dow AgroSciences, 2011.

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc	%Prop. Ac. ⁽¹⁾
Híbridos (G)	25	9.70674	12.0343	0.0000	
Ambientes (A)	10	68.6894	85.1603	0.0000	
GxA	250	1.03409	1.28205	0.0221	
IPCA1	34	1.89604	2.35068	0.0000	24.93
IPCA2	32	1.46648	1.81812	0.0060	43.09
IPCA3	30	1.25663	1.55796	0.0360	57.67
Desvios	154	0.71059	0.88098	0.8079	100.0
Resíduo	275	0.80659			
Média ($\text{Ton}\cdot\text{ha}^{-1}$)		8.207			
CV(%)		10.94			

⁽¹⁾Proporção da soma de quadrados da interação GxA acumulada em cada componente principal de interação da análise AMMI.

Tabela 3 – Valores de médias de produtividade de grãos, IPCA1 e IPCA2 para 26 genótipos de milho avaliados em onze ambientes, Safrinha 2011. Dow AgroSciences, 2011.

Código	Híbridos	$\text{Ton}\cdot\text{ha}^{-1(*)}$		IPCA1	IPCA2
GEN13	7K8044Hx	9.18	a4	0.3640	0.2240
GEN08	30A25Hx	8.91	a4	-0.4158	0.2748
GEN05	2B587Hx	8.86	a4	0.5569	0.4287
GEN18	30A16Hx	8.77	a4	0.4452	-0.1309
GEN26	P3646H	8.69	a4	0.0353	0.5240
GEN14	7K8229Hx	8.67	a4	0.1711	-0.2767
GEN20	8K90008Hx	8.66	a4	-0.3477	0.7049
GEN09	30A37Hx	8.64	a4	0.6713	0.6453
GEN17	7K8285Hx	8.63	a4	-0.7661	-0.0595
GEN07	2B707Hx	8.62	a4	0.5812	-0.3784
GEN11	30A86Hx	8.59	a4	-0.4100	-0.4117
GEN10	30A77Hx	8.56	a4	0.3300	0.4026
GEN06	2B604Hx	8.51	a4	0.5432	0.2410
GEN24	DKB390PRO	8.42	a3	0.8708	-0.5873
GEN12	30A91Hx	8.38	a3	0.1899	-0.1318
GEN16	7K8277	8.19	a3	-0.1033	0.8288
GEN21	8K90018Hx	8.06	a3	-0.3701	0.0970
GEN22	9B91052Hx	8.02	a3	-0.4945	-0.1318
GEN02	10B0505	7.90	a2	-0.7826	0.4617
GEN15	7K8275Hx	7.71	a2	0.2717	-0.3943
GEN03	10B0506Hx	7.69	a2	-0.5655	-0.2856
GEN19	8K90006Hx	7.61	a2	-0.2765	-0.7507
GEN25	Impacto TL	7.48	a2	-0.5226	-0.1343
GEN01	10B0502	7.29	a2	0.3836	-0.2074
GEN04	2A106	6.92	a1	-0.2542	-0.2399
GEN23	AG9010Yg	6.43	a1	-0.1055	-0.7127
	Média ($\text{Ton}\cdot\text{ha}^{-1}$)	8.207			
	CV(%)	10.94			

Nota: (*) Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-knott.

Figura 1 – Biplot AMMI1 com primeiro componente principal de interação (IPCA1) por produtividade $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, para dados de produtividade de grãos ($\text{Ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) de vinte e seis híbridos de milho e onze ambientes, Safrinha 2011. Dow AgroSciences, 2011.

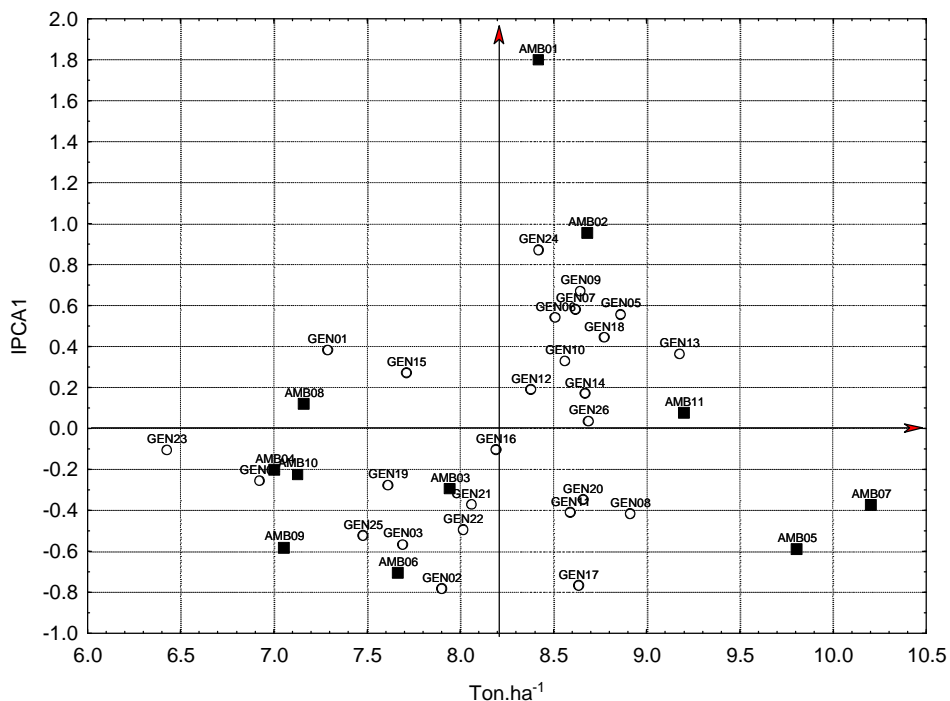


Figura 2 – Biplot AMMI2 com os dois primeiros componentes principais de interação (IPCA1 e IPCA2), para dados de produtividade de grãos ($\text{Ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) de vinte e seis híbridos de milho e onze ambientes, Safrinha 2011. Dow AgroSciences, 2011.

