

DESEMPENHO AGRONÔMICO E ESTABILIDADE DE *TOPCROSSES* DE MILHO AVALIADOS EM MINAS GERAIS E PARANÁ

ANDRÉ GABRIEL¹, MARCOS VENTURA FARIA², GUILHERME MENDES BATTISTELLI³,
EVANDREI SANTOS ROSSI⁴, CARLOS AUGUSTO DA SILVA⁵,
DIEGO FERNANDO DE MARCK⁵ e EMANUEL GAVA⁵

¹Doutorando em Produção Vegetal, UNICENTRO, Guarapuava-PR. andre.gb85@hotmail.com

²Professor Associado do departamento de agronomia, docente do Programa de Pós-graduação em agronomia da UNICENTRO, Guarapuava-PR. mfarria@unicentro.br

³Geneze Sementes, Londrina-PR. guilherme@geneze.com.br

⁴Doutorando em Genética e Melhoramento de plantas, UEM, Maringá-PR. rossi.es@hotmail.com

⁵Mestrando em Produção Vegetal, UNICENTRO, Guarapuava-PR. gutoaugusto2@hotmail.com, diegokarcassa@hotmail.com, emanuel_gava2@hotmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.2, p. 303-316, 2018

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo e estabilidade fenotípica de híbridos *topcrosses* de milho oriundos do cruzamento com uma linhagem elite (testador), em quatro ambientes (Guarapuava-PR, Cândói-PR, Guarda-Mor-MG e Paracatu-MG), utilizando os métodos Annicchiarico e AMMI para selecionar linhagens com elevado potencial genético. Foram avaliados 88 híbridos *topcrosses* e 12 híbridos comerciais (2B688, AG9010, AS1575, DKB390, GNZ2500, GNZ8132, GNZ9501, GNZ9505, P30F53, P30R50, P30F35 e Penta). O delineamento utilizado foi o látice triplo 10x10 e foram avaliadas as características agrônomo altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e estabilidade produtiva de grãos (PG). Observou-se efeito significativo para genótipo, ambiente e interação genótipo x ambiente para a PG. A média de produtividade dos genótipos foi maior em Paracatu-MG (11.100 kg ha⁻¹) que em Cândói (9.654 kg ha⁻¹), Guarapuava (9.456 kg ha⁻¹) e Guarda-Mor (9.446 kg ha⁻¹). Com base nos resultados de PG e estabilidade utilizando os métodos Annicchiarico e AMMI, o híbrido *topcross* HTC 136 mostrou ser o melhor para seguir no programa de melhoramento no processo de endogamia.

Palavras-chave: Annicchiarico, AMMI, interação genótipo x ambiente, testador, *Zea mays* L.

AGRONOMIC PERFORMANCE AND STABILITY OF MAIZE *TOPCROSSES* IN MINAS GERAIS AND PARANÁ

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the agronomic performance and phenotype stability of top cross maize hybrids originated by crossing with an elite line (tester), in four environments (Guarapuava-PR, Cândói-PR, Guarda-Mor-MG and Paracatu-MG), using the methods Annicchiarico and AMMI to select lines with high genetic potential. Thus, 88 top cross hybrids and 12 commercial hybrids (2B688, AG9010, AS1575, DKB390, GNZ2500, GNZ8132, GNZ9501, GNZ9505, P30F53, P30R50, P30F35 and Penta) were evaluated. The 10x10 triple lattice design was used evaluating the agronomic characteristics plant height (PH), ear height (EH) and yield stability of grain (YG). Significant differences were observed for genotype, environment and genotype x environment interaction for YG. The average productivity of the genotypes was superior in Paracatu-MG (11,100 kg ha⁻¹) compared to Cândói (9,654 kg ha⁻¹), Guarapuava (9,456 kg ha⁻¹) and Guarda-Mor (9,446 kg ha⁻¹). The data on YG and stability using Annicchiarico and AMMI methods showed that the top cross hybrid HTC 136 is suitable to continue in the inbreeding process of the breeding program.

Keywords: Annicchiarico, AMMI, genotype-environment interaction, tester, *Zea mays* L.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho, com 88,61 milhões de toneladas anuais, e o segundo país em volume de exportação que corresponde a 30 milhões de toneladas (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2018). A média de produtividade nacional de 5.336 kg ha⁻¹ (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2018) é baixa (Cruz et al., 2014) devido a vários fatores como o uso de cultivares com potencial produtivo limitado, híbridos com baixa adaptabilidade e/ou estabilidade fenotípica para as regiões específicas, dentre outros (Cruz et al., 2008).

Para aumentar a produtividade nacional é necessário o uso de novos híbridos que apresentem maiores potenciais produtivos e adaptabilidade a diversas condições ambientais. Os programas de melhoramento visando à obtenção desses novos híbridos envolvem várias etapas, a saber, obtenção de populações-base, sucessivas autofecundações, avaliações das linhagens parcialmente endogâmicas, hibridação das linhagens e avaliações das progênes em diferentes locais (Paterniani & Campos, 1999; Paterniani et al., 2006).

O uso de híbridos comerciais para formação de população-base para a obtenção de linhagens é relatado por Ferreira et al. (2010); Oliboni et al. (2013); Gralak et al. (2015); Mendes et al. (2015); Marcondes et al. (2015); Possatto Júnior et al. (2017a); Silva et al. (2017). Nestes trabalhos, os híbridos foram testados em diversos ambientes e apresentaram baixa frequência de alelos deletérios e grande quantidade de alelos favoráveis fixados para diversas características como resistência a doenças, arquitetura de plantas, ciclo e produtividade de grãos (Amorim & Souza, 2005; Ferreira et al., 2010).

Nas gerações iniciais de endogamia é possível obter um grande número de linhagens, mas muitas de-

las apresentam baixa frequência de alelos favoráveis não sendo, portanto, de interesse para o programa de melhoramento. Assim, é necessário conhecer a variabilidade genética das linhagens e realizar avaliações a fim de que somente as mais promissoras avancem no processo de endogamia. Nesse sentido, os melhoristas têm optado pelo método *topcross* proposto por Davis (1927), que consiste em avaliar o mérito relativo de um grande número de linhagens parcialmente endogâmicas em cruzamentos com um genótipo testador em comum, de base genética restrita ou ampla, o que permite a seleção das melhores linhagens em possíveis combinações híbridas que seguirão no processo de endogamia, e também eliminar as que apresentarem desempenho inferior, tornando o programa de melhoramento racional e eficiente (Paterniani et al., 2006).

O efeito da interação genótipo x ambiente torna a seleção mais complexa, em virtude da dificuldade de se encontrar genótipos superiores que apresentem plasticidade fenotípica em uma gama de ambientes. Contudo, para auxiliar no processo de seleção, alguns métodos estatísticos ajudam a compreender a interação, tornando os resultados mais acessíveis ao melhorista (Ramos et al., 2011). Os métodos estatísticos mais utilizados para a avaliação dos parâmetros de estabilidade são o de Annicchiarico (1992) e AMMI (análise da interação multiplicativa dos efeitos principais aditivos) (Zobel et al., 1988).

O método de Annicchiarico (1992) é de fácil interpretação e apresenta a vantagem de ser aplicável quando o número de ambientes avaliados é reduzido. Esse método baseia-se na análise de variância conjunta dos experimentos com posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos x ambientes em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo (Cruz et al., 2014). A

avaliação de estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992) tem sido utilizada por muitos autores e em várias espécies, tais como milho (Schmildt et al., 2011; Silva et al., 2017; Possatto Júnior et al., 2017a), trigo (Possatto Júnior et al., 2017b) e soja (Barros et al., 2012). A recomendação de genótipos com base na análise de estabilidade de Annicchiarico é confiável e tem resultados semelhantes aos de outros métodos (Schmildt et al., 2011; Barros et al., 2012).

Schmildt e Cruz (2005) avaliaram diferentes métodos de análise de estabilidade e concluíram que o método Annicchiarico foi mais confiável que o de Eberhart e Russell, em virtude da facilidade de interpretação e da precisão na indicação das cultivares para cada tipo de ambiente, e notaram que o método apresenta apenas um parâmetro de interpretação, enquanto o de Eberhart e Russell usa quatro parâmetros. Schmildt et al. (2011) avaliaram diferentes métodos de estabilidade em genótipos de milho e relataram a existência de alta correlação entre os resultados obtidos pelos métodos de Lins e Bins e o de Annicchiarico.

A análise AMMI é uma combinação de métodos univariados (análise de variância) com métodos multivariados (análise de componentes principais e decomposição de valores singulares). Combina, em um único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais de genótipos e ambientes, e componentes multiplicativos para os efeitos da interação (Zobel et al., 1988). Essa análise permite o melhor detalhamento da soma de quadrados da interação, em um modelo matemático e estatístico único (García-Peña & Dias, 2009).

A seleção de híbridos *topcrosses* de milho por meio da estabilidade fenotípica com o uso do método Annicchiarico (1992) foi relatada por diversos autores, como Possatto Júnior et al. (2017a) e Silva et al. (2017). Uso dos métodos AMMI e Annicchiarico

sobre a adaptabilidade e estabilidade na seleção de genótipos de trigo em dez ambientes foi relatado por Possatto Júnior et al. (2017b).

O presente estudo objetivou avaliar a estabilidade de linhagens (S_2) de milho, em cruzamentos *topcrosses* com uma linhagem elite (testador) em quatro ambientes, visando selecionar linhagens com elevado potencial genético, utilizando-se os métodos de Annicchiarico e AMMI.

Material e Métodos

Foram obtidas linhagens experimentais de milho parcialmente endogâmicas (S_2), de uma população-base gerada a partir do cruzamento entre os híbridos comerciais Penta e P30F53. Essas linhagens foram cruzadas em esquema de *topcross* com uma linhagem elite (testador de base genética restrita), adaptada ao clima tropical de elevada altitude, que possui grãos duros, ciclo precoce, elevada produtividade de grãos e tolerância a *Cercospora zea-maydis* e *Exserohilum turcicum*. Obtiveram-se 88 híbridos *topcrosses*, que foram avaliados juntamente com 12 híbridos comerciais utilizados como testemunhas (2B688, AG9010, AS1575, DKB390, GNZ2500, GNZ8132, GNZ9501, GNZ9505, P30F53, P30R50, P30F35 e Penta), em quatro ambientes, nos estados do Paraná e Minas Gerais.

Foram conduzidos quatro experimentos, sendo um em Guarapuava-PR, no campo experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, UNICENTRO, localizado no *Campus* CEDETEG a 1130 m de altitude, latitude 25°23'6"S e longitude 51°29'43"W. O segundo experimento foi conduzido no município de Cândói-PR, em área da Fazenda Touros, a 900 m de altitude, latitude 25°62'S e longitude 52°02'W. O

terceiro experimento foi conduzido em Guarda Mor-MG, latitude de 17°46'15"S, longitude 47°05'54"W e altitude de 616 m, e o quarto em Paracatu-MG, latitude de 17°13'20"S, longitude de 46°52' 29" W e altitude de 687 m.

O clima dos municípios paranaenses de Guaraçuava e Cândói é classificado como Cfb temperado, com precipitação média anual de 1.800 mm e sem estação seca definida e temperatura média do mês mais quente não ultrapassando 22°C. O solo é classificado como Latossolo Bruno Distroférico. Nos municípios mineiros de Guarda-Mor e Paracatu o clima é caracterizado como Aw, tropical de alta pluviosidade anual e estação seca definida, com temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C. O solo é classificado como Latossolo Amarelo Distroférico (Santos et al., 2006).

O delineamento utilizado foi em látice triplo 10x10. Os experimentos foram semeados na primeira quinzena de outubro de 2009 em sistema de plantio direto com cobertura vegetal dessecada 15 dias antes da semeadura. Na adubação de base foram utilizados 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 8-20-15, distribuído no sulco com semeadora tratorizada.

A semeadura foi realizada manualmente por meio de matracas, depositando as sementes nas linhas previamente sulcadas. Cada parcela foi composta de uma linha com 5 metros de comprimento, contendo 25 plantas, com espaçamento de 0,80 metros entre linhas, equivalente à população de 62.500 plantas por hectare.

Foram realizadas duas fertilizações em cobertura, com aplicações de 150 kg ha⁻¹ de ureia (46% de N) quando as plantas estavam no estágio fenológico V3-V4 e V5-V6, respectivamente, totalizando 138 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Durante a condução dos experimentos foram realizados os manejos de pragas, doenças e plantas

daninhas de acordo com a necessidade apresentada em cada ambiente de cultivo, seguindo as recomendações técnicas para a cultura.

Após o florescimento foram avaliados os caracteres altura de plantas (AP) de seis plantas competitivas e aleatórias de cada parcela, medindo-se do solo até o ponto de inserção da folha bandeira, altura de espiga (AE), medindo-se do solo até o ponto de inserção da espiga principal, e produtividade de grãos (PG), por meio da massa de grãos da parcela corrigida para 13% de umidade e expressa em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de Bartlett. Verificados esses pressupostos, em seguida foi realizada análise de variância individual. As variâncias residuais de cada experimento foram submetidas ao teste de Hartley a 5% e, uma vez constatada homocedasticidade, foi realizada a análise de variância conjunta segundo o delineamento em látice para as características avaliadas.

Como o látice apresentou baixa eficiência para todas as características avaliadas, as análises de variância foram então realizadas usando o delineamento em blocos casualizados e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Para avaliar a estabilidade da produtividade de grãos dos híbridos *topcrosses* frente às variações ambientais foram utilizados dois métodos, a saber, de Annicchiarico (1992) com auxílio do programa Genes (Cruz, 2016) e AMMI (Zobel et al., 1988) com o software Estabilidade (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

A análise de variância conjunta (Tabela 1) mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) para genótipo,

ambiente e interação genótipo x ambiente para produtividade de grãos (PG), corroborando os resultados encontrados por outros autores na avaliação de híbridos *topcrosses* de milho em ambientes contrastantes (Possatto Júnior et al., 2017a; Silva et al., 2017). Assim, as médias de PG foram analisadas separadamente para cada ambiente (Tabela 2).

O efeito significativo de genótipo deixa evidente que há variabilidade genética entre as linhagens S_2 geradas a partir do cruzamento entre os híbridos comerciais Penta e P30F53, em cruzamentos tipo *topcross*. Isso indica que há linhagens promissoras a avançarem no programa de melhoramento, corroborando os resultados obtidos por Pfann et al. (2009); Oliboni et al. (2013); Gralak et al. (2015); Marcondes et al. (2015), Possatto Júnior et al. (2017a); Silva et al. (2017), que reforçam a viabilidade do uso de híbridos comerciais na formação de população base para extração de linhagens de milho.

Constatou-se também efeito significativo de ambiente na PG (Tabela 1), demonstrando o comportamento não consistente dos híbridos *topcrosses* frente às variações ambientais. A interação genótipo x ambiente foi significativa ($P < 0,05$), indicando que os genótipos responderam de maneira diferenciada às variações ambientais quanto à PG, de forma similar a outros estudos com híbridos *topcrosses* (Possatto Júnior et al., 2017a; Silva et al., 2017), ressaltando a importância da realização do estudo de estabilidade.

Para os caracteres altura de plantas e de espigas, os dados da análise de variância conjunta não foram significativos para ambiente e interação genótipo x ambiente (Tabela 1). Assim, utilizou-se o valor médio da análise conjunta para representar os genótipos, o que demonstra comportamento estável dos genótipos para essas características quando cultivados nos diferentes ambientes.

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta de altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade de grãos (PG), análise de estabilidade para produtividade de grãos (AMMI) com porcentagem de explicação e explicação acumulada da variância referentes a 88 híbridos *topcrosses* e 12 testemunhas, em quatro ambientes.

FV	GL	QM		
		AP (m)	AE (m)	PG (kg ha ⁻¹)
Blocos/Ambiente	8	0,047424	0,461179	10.326.029
Genótipo (G)	99	0,124821*	0,207497*	10.266.206*
Ambiente (A)	3	1,178810	2,463526	190.199.923*
G x A	297	0,060921	0,151480	2.616.708*
Erro	792	0,055222	0,155644	1.314.881
Média geral	-	2,08	1,14	9.914
CV (%)	-	11,27	24,48	11,57
Análise de estabilidade de produtividade de grãos (AMMI)				
FV	GL	QM	Explicação (%)	Explicação acumulada (%)
Genótipo (G)	99	10.266.205*	-	-
Ambiente (A)	3	190.199.913*	-	-
GxA	297	2.616.708*	-	-
IPCA 1	101	4.199.380*	54,57	54,57
IPCA 2	99	2.166.229*	27,59	82,17
Desvio	0	0,00	-	-
Resíduo	798	1.362.702	-	-

*Significativo pelo teste de F ($p < 0,05$).

Tabela 2. Altura de plantas (AP), altura de espigas (AE) e produtividade de grãos (PG) dos 10 híbridos *topcrosses* inferiores e superiores em desempenho e 12 testemunhas comerciais avaliados em Candói (CAN), Guarapuava (GUA), Guarda Mor (GMO) e Paracatu (PAR).

Genótipo	AP (m)		AE (m)		PG (kg ha ⁻¹)												
	Conjunta	Genótipo	Conjunta	Genótipo	CAN	Genótipo	GUA	Genótipo	GMO	Genótipo	PAR						
HTC 77	2,00	d	HTC 77	1,05	b	HTC 2	8.558	c	HTC 29	8.358	b	HTC 38	7.701	e	HTC 5	9.892	d
HTC 169	1,99	d	HTC 22	1,04	b	HTC 22	8.533	c	HTC 109	8.322	b	HTC 143	7.696	e	HTC 22	9.858	d
HTC 21	1,99	d	HTC 48	1,04	b	HTC 138	8.508	c	HTC 14	8.303	b	HTC 170	7.667	e	HTC 70	9.804	d
HTC 88	1,99	d	HTC 169	1,03	b	HTC 186	8.424	c	HTC 5	8.251	b	HTC 32	7.571	e	HTC 179	9.624	d
HTC 168	1,99	d	HTC 13	1,03	b	HTC 45	8.368	c	HTC 113	8.237	b	HTC 177	7.545	e	HTC 138	9.472	d
HTC 113	1,99	d	HTC 126	1,03	b	HTC 105	8.268	c	HTC 143	8.166	b	HTC 113	7.496	e	HTC 143	9.324	d
HTC 2	1,97	d	HTC 168	1,03	b	HTC 16	8.221	c	HTC 50	8.110	b	HTC 5	7.100	e	HTC 40	9.291	d
HTC 40	1,97	d	HTC 165	1,03	b	HTC 21	8.166	c	HTC 105	7.965	b	HTC 161	7.010	e	HTC 69	9.270	d
HTC 124	1,94	d	HTC 149	1,01	b	HTC 12	7.490	c	HTC 12	7.668	b	HTC 97	6.808	e	HTC 132	9.083	d
HTC 149	1,91	d	HTC 21	1,00	b	HTC 109	7.409	c	HTC 2	7.618	b	HTC 109	6.689	e	HTC 48	8.435	d
HTC 48	2,61	a	HTC 133	1,80	a	HTC 40	11.113	b	HTC 77	11.231	a	HTC 169	11.836	c	HTC 131	12.591	c
HTC 42	2,22	c	HTC 4	1,79	a	HTC 132	10.772	c	HTC 35	11.028	a	HTC 51	11.788	c	HTC 9	12.469	c
HTC 102	2,20	c	HTC 10	1,76	a	HTC 131	10.702	c	HTC 13	10.714	a	HTC 136	11.764	c	HTC 38	12.331	c
HTC 184	2,19	c	HTC 177	1,24	b	HTC 162	10.651	c	HTC 16	10.692	a	HTC 9	11.725	c	HTC 76	12.310	c
HTC 178	2,19	c	HTC 102	1,21	b	HTC 88	10.549	c	HTC 18	10.557	a	HTC 49	11.492	c	HTC 25	12.150	c
HTC 43	2,18	c	HTC 97	1,19	b	HTC 142	10.464	c	HTC 9	10.550	a	HTC 167	11.293	c	HTC 161	12.146	c
HTC 12	2,16	c	HTC 9	1,19	b	HTC 141	10.457	c	HTC 85	10.537	a	HTC 184	11.094	c	HTC 104	11.991	c
HTC 177	2,16	c	HTC 35	1,19	b	HTC 184	10.321	c	HTC 153	10.510	a	HTC 102	10.990	c	HTC 182	11.833	c
HTC 35	2,15	c	HTC 118	1,18	b	HTC 57	10.199	c	HTC 116	10.476	a	HTC 47	10.970	c	HTC 108	11.824	c
HTC 99	2,14	c	HTC 173	1,17	b	HTC 115	10.144	c	HTC 165	10.368	a	HTC 104	10.887	c	HTC 177	11.767	c
Testemunha																	
GNZ9501	2,39	b	GNZ9501	1,36	b	P30F35	14.145	a	P30F35	13.492	a	GNZ9501	15.677	a	GNZ9501	16.875	a
P30R50	2,37	b	GNZ2500	1,33	b	DKB390	13.599	a	GNZ9505	11.674	a	P30F35	14.515	a	P30F35	14.663	b
P30F35	2,29	c	P30R50	1,30	b	PENTA	12.317	b	P30F53	11.059	a	GNZ8132	13.670	b	AS1575	13.877	b
GNZ2500	2,28	c	DKB390	1,29	b	2B688	12.262	b	GNZ9501	10.890	a	2B688	13.343	b	GNZ8132	13.596	b
GNZ8132	2,28	c	AS1575	1,26	b	AS1575	12.202	b	2B688	10.162	a	AS1575	13.303	b	2B688	13.378	b
AS1575	2,23	c	PENTA	1,25	b	GNZ9505	11.662	b	DKB390	10.144	a	P30R50	12.464	c	GNZ9505	13.084	c
PENTA	2,18	c	P30F35	1,25	b	GNZ9501	11.597	b	PENTA	9.598	a	P30F53	11.491	c	GNZ2500	12.835	c
DKB390	2,17	c	GNZ8132	1,23	b	P30R50	10.152	c	GNZ8132	9.432	b	GNZ2500	10.906	c	PENTA	11.391	c
GNZ9505	2,17	c	2B688	1,18	b	AG9010	10.014	c	GNZ2500	9.400	b	PENTA	10.730	c	DKB390	11.379	c
P30F53	2,16	c	P30F53	1,18	b	GNZ8132	9.701	c	P30R50	8.692	b	AG9010	10.488	c	P30F53	10.937	d
2B688	2,14	c	GNZ9505	1,15	b	P30F53	9.166	c	AG9010	8.387	b	GNZ9505	10.289	c	P30R50	10.638	d
AG9010	1,92	d	AG9010	1,01	b	GNZ2500	8.773	c	AS1575	8.073	b	DKB390	9.644	d	AG9010	9.462	d
Média	2,08	-	-	1,14	-	-	9.654	B	-	9.456	B	-	9.446	B	-	11.100	A
CV %	24,48	-	-	-	-	11,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

HTC: Híbrido *topcross*. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo estatístico pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Quanto a AP, o híbrido AG9010 (1,92 m) foi classificado como genótipo de menor porte, juntamente com os *topcrosses* HTC 2, HTC 21, HTC 40, HTC 77, HTC 88, HTC 113, HTC 124, HTC 149, HTC 168 e HTC 169, diferindo dos demais (Tabela 2). De acordo com a escala proposta por Pinto et al. (2010), plantas com alturas de 2,20 a 2,80m são categorizadas como sendo de porte médio e plantas menores que 2,20m de porte baixo. Neste contexto, os híbridos *topcrosses* foram classificados em plantas de porte médio a baixo, característica desejada para

semeaduras com maior adensamento como as usadas em cultivos comerciais, além de genótipos com menor AP serem menos susceptíveis ao acamamento e quebraamento de plantas.

Com relação a altura de espigas, as testemunhas comerciais enquadraram-se no grupo de menores médias, assim como 96,6% dos híbridos *topcrosses* (Tabela 2), indicando o potencial de uso das linhagens S₂ para obtenção de combinações híbridas com menor altura de espigas, nos quatro ambientes do estudo. Plantas de porte alto são mais propensas

ao acamamento e quebramento, além de dificultarem o processo de mecanização da colheita. Assim, plantas de menor porte são foco dos programas de melhoramento atuais por permitirem a semeadura em maiores densidades e espaçamentos reduzidos, com melhor desempenho em situações de déficit hídrico.

A produtividade média de grãos foi de 9.654 kg ha⁻¹, 9.456 kg ha⁻¹, 9.446 kg ha⁻¹ e 11.100 kg ha⁻¹, para os ambientes Candói, Guarapuava, Guarda-Mor e Paracatu, respectivamente, sendo este último o ambiente que apresentou maior produtividade média, e maior índice ambiental, sendo classificado como ambiente favorável pelo método Annicchiarico (Tabelas 2 e 3).

Para produtividade de grãos em Candói, observaram-se três grupos distintos de genótipos. Os híbridos comerciais DKB390 (13.599 kg ha⁻¹) e P30F35 (14.145 kg ha⁻¹) foram superiores aos híbridos *topcrosses* e demais testemunhas comerciais. Entretanto, o híbrido *topcross* HTC 40 (11.113 kg ha⁻¹) não diferiu dos híbridos comerciais GNZ9501, GNZ9505, AS1575, 2B688 e Penta e foi superior aos demais híbridos testemunhas. Vale ressaltar que 88 híbridos *topcrosses* não diferiram das testemunhas comerciais GNZ2500 (8.773 kg ha⁻¹), P30F53 (9.166 kg ha⁻¹), GNZ8132 (9.701 kg ha⁻¹), AG9010 (10.014 kg ha⁻¹) e P30R50 (10.152 kg ha⁻¹). Os híbridos *topcrosses*, sendo de linhagens parcialmente endogâmicas, possuem

potencial similar ao dos genótipos comerciais, sendo promissores para o melhoramento (Tabela 2).

Em Guarapuava, dois grupos distintos de genótipos puderam ser identificados quanto à produtividade de grãos. Dos híbridos *topcrosses* avaliados, 48,86% não diferiram das melhores testemunhas P30F35 (13.492 kg ha⁻¹), GNZ9505 (11.674 kg ha⁻¹), P30F53 (11.059 kg ha⁻¹), GNZ9501 (10.890 kg ha⁻¹), 2B688 (10.162 kg ha⁻¹), DKB390 (10.144 kg ha⁻¹) e Penta (9.598 kg ha⁻¹), e foram superiores aos demais híbridos *topcrosses* e às testemunhas GNZ8132 (9.432 kg ha⁻¹); GNZ2500 (9.400 kg ha⁻¹); P30R50 (8.692 kg ha⁻¹); AG9010 (8.387 kg ha⁻¹) e AS1575 (8.073 kg ha⁻¹) (Tabela 2). Dessa forma, infere-se que há linhagens promissoras a serem utilizadas em combinações híbridas com potencial genético de destaque para a região em questão.

Em Guarda-Mor, constatamos a formação de cinco grupos distintos de genótipos. Nesse ambiente, os melhores híbridos *topcrosses* foram alocados no terceiro grupo, inferiores ao grupo das testemunhas comerciais mais produtivas. Relativamente à produtividade de grãos, 14 híbridos *topcrosses* apresentaram desempenho similar ao das testemunhas comerciais P30R50 (12.464 kg ha⁻¹), P30F53 (11.491 kg ha⁻¹), GNZ2500 (10.906 kg ha⁻¹), Penta (10.730 kg ha⁻¹), AG9010 (10.488 kg ha⁻¹) e GNZ9505 (10.289 kg ha⁻¹), que superaram o DKB390 (9.644 kg ha⁻¹), de alto potencial genético (Tabela 2).

Tabela 3. Produtividade média de grãos (PG), classificação e índice de Annicchiarico para híbridos *topcrosses* de milho avaliados em Candói-PR, Guarapuava-PR, Guarda Mor-MG e Paracatu-MG.

Ambientes	PG (kg ha ⁻¹)		Classificação	Índice Ambiental
Candói	9.654	B	Desfavorável	-259
Guarapuava	9.456	B	Desfavorável	-457
Guarda Mor	9.446	B	Desfavorável	-467
Paracatu	11.100	A	Favorável	1.185
Média	9.914	-	-	-

Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott Knott (p<0,05).

Em Paracatu, quanto à produtividade de grãos os híbridos *topcrosses* foram classificados no terceiro grupo. No entanto, 31,81% dos híbridos *topcrosses* não diferiram das testemunhas DKB390 (11.379 kg ha⁻¹), Penta (11.391 kg ha⁻¹), GNZ2500 (12.835 kg ha⁻¹) e GNZ9505 (13.084 kg ha⁻¹) e superaram as testemunhas AG9010 (9.462 kg ha⁻¹), P30R50 (10.638 kg ha⁻¹) e P30F53 (10.937 kg ha⁻¹) (Tabela 2).

Considerando a produtividade de grãos, HTC 9 foi classificado no grupo das maiores médias em Paracatu, Guarapuava e Guarda-Mor, com produtividade acima de 10.500 kg ha⁻¹. Os híbridos *topcrosses* HTC 9, HTC 47, HTC 49, HTC 51, HTC 102, HTC 104, HTC 108 e HTC 136 destacaram-se em Guarda-Mor e Paracatu, demonstrando boa adaptação às condições dos ambientes de Minas Gerais, pois não diferiram significativamente dos híbridos testemunhas com maior produtividade (Tabela 2).

Foram identificados híbridos *topcrosses* com produtividades semelhantes ou superiores a algumas testemunhas comerciais, cujas respectivas linhagens S₂ são promissoras quanto ao potencial produtivo em combinações híbridas. Isso reforça o potencial da população-base, obtida a partir de híbridos comerciais para a extração de linhagens.

Os resultados observados no presente trabalho concordam com dados da literatura que demonstram a possibilidade selecionar híbridos *topcrosses* capazes de alcançar e/ou superar a produtividade de grãos de testemunhas comerciais (Pfann et al., 2009; Oliboni et al., 2013; Marcondes et al., 2015; Possatto Júnior et al., 2017a; Silva et al., 2017). Assim, as linhagens S₂ que deram origem aos híbridos *topcrosses* de melhor desempenho podem ser selecionadas para prosseguirem no processo de endogamia no programa de melhoramento.

Para avaliar a estabilidade da produtividade de grãos, foram utilizadas as metodologias de Annicchiarico (1992) e AMMI, visando à obtenção de genótipos mais estáveis nos ambientes analisados. O método de Annicchiarico (1992) é baseado na análise de variância, em que se estimam os índices de confiabilidades (ω_i) geral, para ambientes favoráveis e desfavoráveis; o AMMI permite melhor detalhamento da soma de quadrados da interação.

A análise de estabilidade de Annicchiarico (1992) classificou os ambientes de Candói, Guarapuava e Guarda-Mor com índice ambiental negativo e foram classificados como desfavoráveis (-259, -457 e -467, respectivamente), enquanto Paracatu apresentou índice ambiental positivo (1.185) sendo considerado favorável (Tabela 3). Nesse ambiente verificamos a maior média de produtividade de grãos, confirmando o agrupamento do teste de médias que alocou Paracatu em grupo isolado dos demais ambientes (Tabela 2).

Os índices de confiabilidade (ω_i) foram gerados a partir dos valores médios de produtividade dos genótipos em relação à média dos ambientes. Assim, quanto maior o valor do índice (ω_i) maior é a chance de sucesso e a confiabilidade na escolha do genótipo com maior estabilidade (Cruz et al., 2014).

Considerando a produtividade de grãos, observou-se no índice de confiabilidade em ambiente geral de Annicchiarico (ω_i) apenas oito híbridos *topcrosses* (HTC 9, HTC 47, HTC 77, HTC 104, HTC 108, HTC 131, HTC 136, HTC 184) e oito testemunhas (DKB390, 2B688, AS1575, GNZ9501, GNZX9505, GNZX8132, Penta e P30F35) com índices de confiança (ω_i) maior de 100% para a produtividade de grãos (Tabela 4), indicando que esses genótipos mantiveram a produtividade acima da média, mesmo submetidos a diferentes condições edafoclimáticas.

Tabela 4. Análise de Annicchiarico dos 10 maiores e menores índices de confiabilidade para ambiente geral (ω_i) e ambiente desfavorável (ω_i), expressos em porcentagem, referente a 88 híbridos *topcrosses* de milho e mais 12 testemunhas avaliados em Candói-PR, Guarapuava-PR, Guarda Mor-MG e Paracatu-MG.

Ambiente geral		Ambiente desfavorável	
Genótipo	(ω_i)	Genótipo	(ω_i)
P30F35	137,66	P30F35	143,84
GNZ9501	121,69	GNZ9501	114,84
2B688	114,57	2B688	113,78
GNZX9505	113,49	GNZX9505	112,49
HTC 9	103,77	Penta	105,41
HTC 131	103,53	HTC 123	104,79
AS1575	103,34	HTC 163	103,48
HTC 108	103,32	HTC 184	102,98
Penta	103,13	HTC 108	102,57
GNZX8132	102,43	DKB390	102,53
HTC 32	85,52	HTC 170	83,64
HTC 105	84,70	HTC 2	83,07
HTC 132	84,58	HTC 143	82,96
HTC 113	84,27	HTC 177	82,82
HTC 48	84,11	HTC 113	81,83
HTC 143	82,69	HTC 161	81,61
HTC 97	82,24	HTC 97	79,48
HTC 5	80,99	HTC 5	79,04
HTC 12	79,64	HTC 12	78,72
HTC 109	75,27	HTC 109	72,62

HTC: Híbrido *topcross*.

Por outro lado, nos ambientes considerados desfavoráveis constatou-se 12 híbridos *topcrosses* (HTC 9, HTC 40, HTC 47, HTC 108, HTC 116, HTC 123, HTC 131, HTC 136, HTC 153, HTC 163, HTC 169 e HTC 184) e sete testemunhas (DKB390, 2B688, GNZ9501, GNZX9505, P30F35, Penta e P30F53) com ω_i superior a 100% (Tabela 4). Esses dados demonstram que esses genótipos mantiveram bons níveis de produtividade mesmo em ambientes que não propiciaram condições favoráveis.

Para o ambiente favorável não foi possível realizar o índice ambiental dos genótipos, pois a classificação de Annicchiarico considerou apenas o ambiente de Paracatu como favorável (Tabela 3). Para a realização dessa análise são necessários, no mínimo,

dois ambientes classificados como favoráveis pelo método de Annicchiarico.

Destacaram-se os híbridos *topcrosses* HTC 9, HTC 47, HTC 108, HTC 131, HTC 136, HTC 184 e as testemunhas DKB390, 2B688, GNZ9501, GNZX9505, Penta e P30F35, com índice ω_i superior a 100% considerando em conjunto a análise geral dos ambientes e ambientes desfavoráveis.

Assim pode-se inferir que esses genótipos são os mais estáveis e responsivos para produtividade de grãos nos ambientes estudados. Estes resultados indicam que as linhagens S_2 genitoras desses híbridos *topcrosses* selecionados devem ser avançadas no processo de endogamia para posteriores avaliações em combinações híbridas em vários locais, tendo poten-

cial para gerar híbridos adaptados e estáveis. Estes resultados corroboram os encontrados por Guedes et al. (2011), Possatto Júnior et al. (2017a) e Silva et al. (2017), que relatam a possibilidade de encontrar linhagens promissoras originadas de híbridos comerciais.

Na análise de estabilidade usando o método AMMI, a explicação acumulada nos dois primeiros eixos foi de 82,17% e para isso foram utilizados 67,34% dos graus de liberdade que compõem a SQGxA (Tabela 1). Quanto maior a explicação nos primeiros eixos, maior é a concentração padrão e menor a concentração do ruído na análise AMMI. No modelo de *biplot* AMMI 1 (Figura 1 A), o eixo x representa a produtividade de grãos e o eixo y, representa a interação genótipo x ambiente (IPCA 1). Os genótipos e os ambientes que são mais próximos de zero são os mais estáveis e os mais distantes do zero são mais adaptados a ambientes específicos e contribuem mais para a interação genótipo x ambiente (IPCA 1).

Constatou-se que Guarda-Mor (GMO), Guarapuava (GUA) e Candói (CAN) foram os ambientes onde se constataram as menores médias de produtividade de grãos (Tabela 2 e Figura 1A), e os que mais contribuíram com a interação. Por outro lado, observou-se que as testemunhas GNZ9501, GNZX8132, AS1575 e 30R50 foram os genótipos que mais contribuíram para a interação, apresentando as maiores coordenadas no eixo da IPCA 1. e se destacaram com produtividade de grão acima da média geral (Figura 1A).

Ao contrário, no ambiente de Paracatu (PAR) constatou-se boa estabilidade e produtividade média (11.100 kg ha⁻¹), o que mostra que é um ambiente bom para seleção de genótipos em estágios iniciais de programa de melhoramento, por ser mais estável e não favorecer a seleção de genótipos específicos de

um determinado ambiente. É interessante notar que nos ambientes de Guarapuava e Candói não ocorreu diferença na média de produtividade de grãos (Tabela 3), ficando no mesmo quadrante no gráfico do *biplot* (Figura 1 A), o que significa serem ambientes com condições edafoclimáticas similares.

De acordo com o *biplot* (Figura 1A), levando-se em consideração os escores baixos (próximos de zero), característicos de genótipos que contribuem pouco para a interação, caracterizando-se como estáveis, destacaram os híbridos *topcrosses* HTC 14, HTC 30, HTC 35, HTC 50, HTC 57, HTC 85, HTC 153, HTC 163, HTC182 e HTC186, ao lado do híbrido comercial Penta. Esses genótipos estão próximos do centro do gráfico e foram os que menos contribuíram para a interação. Entre os híbridos *topcrosses* mais estáveis destacaram-se HTC 35, HTC 85, HTC 153 e HTC 163, cujos rendimentos de grãos foram superiores à média geral do experimento (9.915 kg ha⁻¹).

Na figura 1B, que apresenta o modelo AMMI2, os híbridos *topcrosses* HTC 18, HTC 29, HTC 32, HTC 36, HTC 43, HTC 99, HTC 108, HTC 113, HTC 126, HTC 168 e HTC 188, e o híbrido testemunha 30F53 apresentaram boa estabilidade e contribuíram menos para a interação. Entre os híbridos *topcrosses* destacaram-se HTC 18, HTC 28 e HTC 136, mais o 30F53, cujo rendimento de grãos foi superior à média geral do experimento (9.914 kg ha⁻¹).

Divergências nos resultados foram observadas entre os métodos de avaliação de estabilidade (Annicchiarico e AMMI) para os genótipos mais estáveis; apenas o HTC 136 apresentou resultados similares nos dois métodos. Esses resultados são concordantes com os de Possatto Júnior et al. (2017b), que relataram divergência de resultados na avaliação de estabilidade de genótipos de trigo usando os métodos Annicchiarico e AMMI.

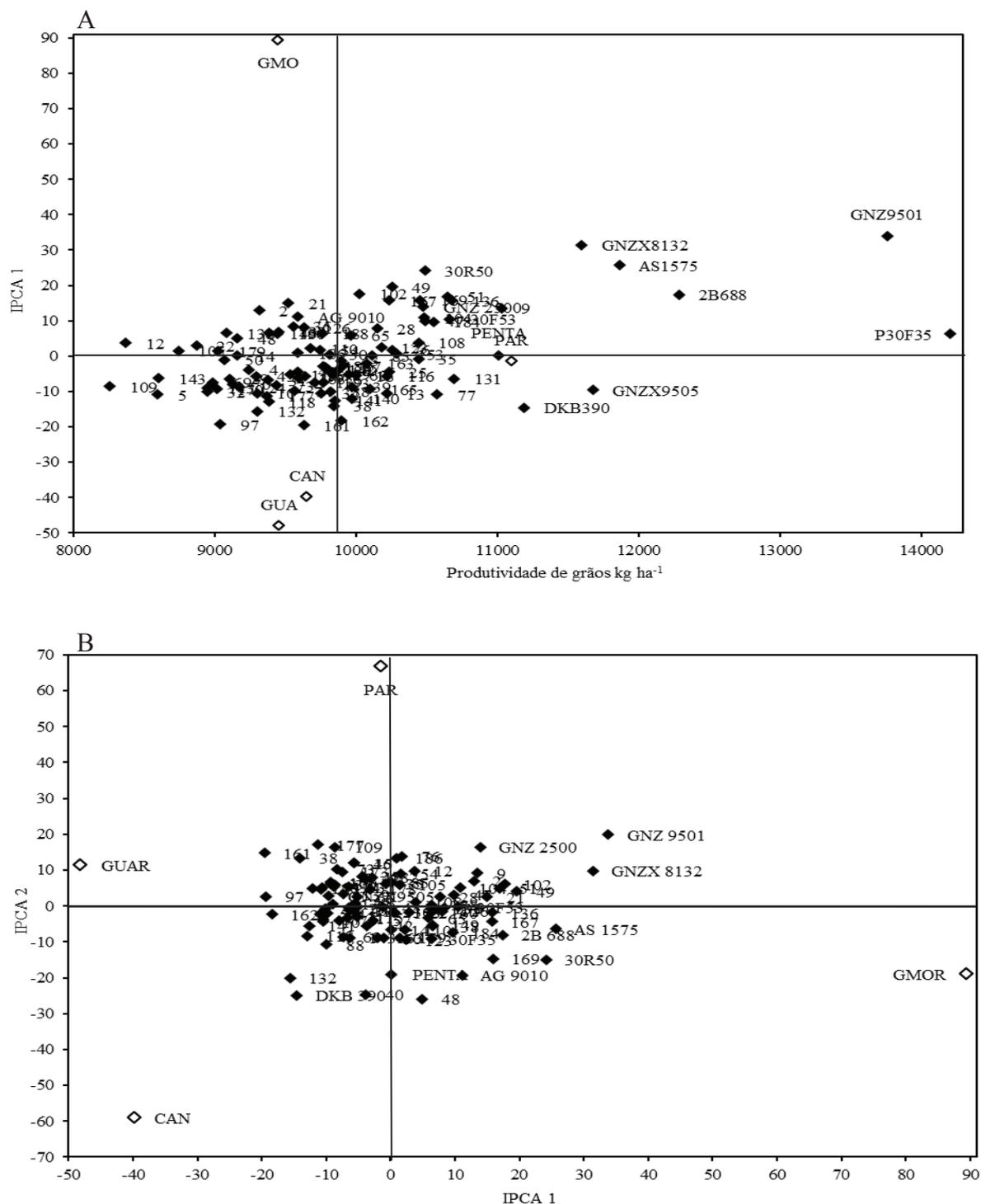


Figura 1. A: AMMI 1 *Biplot* com o primeiro eixo principal da interação (IPCA 1) x produtividade em kg ha⁻¹. B: AMMI 2 *Biplot* com o primeiro e terceiro eixos da interação (PCA 1 x PCA 2), para a produtividade de grãos, referente a 88 híbridos *topcrosses* de milho e mais 12 testemunhas avaliados em Candói (CAN), Guarapuava (GUA), Guarda Mor (GMO) e Paracatu (PAR).

O emprego dos métodos Annicchiarico e AMMI em conjunto fornece informações importantes ao melhorista para a tomada de decisão quanto aos genótipos a serem mantidos no programa de melhoramento. Neste trabalho, o método AMMI forneceu informações que ajudam a segregar os ambientes dentro de uma região, minimizando o número de experimentos necessários e reduzindo os custos. Por outro lado, o método Annicchiarico permitiu a identificação dos genótipos estáveis e com boa produção de grãos nos ambientes geral e desfavoráveis. Assim o uso em conjunto dos métodos Annicchiarico e AMMI, possibilita ao melhorista selecionar de forma mais eficiente o ambiente em que os genótipos expressam o máximo potencial de produtividade de grãos. Pereira et al. (2009) e Polizel et al. (2013) recomendam o uso em conjunto de vários métodos complementares para avaliar a estabilidade fenotípica, como uma ferramenta auxiliar na tomada de decisões em programas de melhoramento.

Conclusões

O testador (linhagem elite) foi eficiente na discriminação do mérito relativo das linhagens S_2 em cruzamento *topcross*.

O híbrido *topcross* HTC 136 destacou-se com base na produtividade de grãos e estabilidade pelos métodos de Annicchiarico e AMMI para prosseguir no processo de endogamia, dentro do programa de melhoramento.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

pela concessão das bolsas de estudo de mestrado e de iniciação científica, e à Fundação Araucária pelo auxílio financeiro.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2017/18: sétimo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 5, n. 7, abr. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/16780_e7a4a52ee1db76ad1a8cfda9b2343c48>. Acesso em: 12 jun. 2018.

AMORIM, E. P.; SOUZA, J. C. de. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S0 de híbridos simples comerciais. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 561-567, 2005.

DOI: [10.1590/S0006-87052005000400005](https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000400005).

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaption and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Roma, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.

BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; MELO, A. V.; FIDELIS, R. R.; CAPONE, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 49-58, 2012.

CRUZ, C. D. Genes Software: extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

DOI: [10.4025/actasciagron.v38i3.32629](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.32629).

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; BICUDO, S. J.; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; MACHADO, C. G. Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivado em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5, p. 733-739, 2008.

DOI: [10.4025/actasciagron.v30i5.5975](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i5.5975).

- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. v. 2, 668 p.
- DAVIS, R. L. **Report of the plant breeder**. Puerto Rico: Agricultural Experiments Annual Report, 1927.
- FERREIRA, D. F. **Sistemas de análises estatística**: versão 3.1.1. Lavras: UFLA, 2000.
- FERREIRA, E. A.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; SANTOS, F. M. da C. Potencial de híbridos comerciais de milho para obtenção de linhagens em programas de melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 304-311, 2010.
DOI: [10.5216/pat.v40i3.7017](https://doi.org/10.5216/pat.v40i3.7017).
- GARCÍA-PEÑA, M.; DIAS, C. T. S. Análise dos modelos aditivos com interação multiplicativa (AMMI) bivariados. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 586-602, 2009.
- GRALAK, E.; FARIA, M. V.; ROSSI, E. S.; POSSATTO JÚNIOR, O.; GABRIEL, A.; MENDES, M. C.; SCAPIM, C. A.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para produção de grãos e severidade de doenças foliares em dialelo circulante. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 116-129, 2015.
DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p116-129](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p116-129).
- GUEDES, F. L.; SOUZA, J. C.; COSTA, E. F. N.; REIS, M. C.; CARDOSO, G. A.; EMATNÉ, H. J. Evaluation of maize *topcrosses* under two nitrogen levels. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1115-1121, 2011.
DOI: [10.1590/S1413-70542011000600011](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600011).
- MARCONDES, M. M.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; OLIVEIRA, B. R.; SANTOS, J. F.; MATCHULA, P. H.; WALTER, A. L. B. Desempenho agronômico de linhagens S4 de milho em cruzamentos *topcrosses*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 145-154, 2015.
DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p145-154](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p145-154).
- MENDES, M. H. S.; PEREIRA, C. H.; SOUZA, J. C. Diallel analysis of maize hybrids for agronomic and bromatological forage traits. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 2, p. 141-146, 2015.
DOI: [10.4025/actasciagron.v37i2.19329](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i2.19329).
- OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI, D. F. Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 7-18, 2013.
DOI: [10.5433/1679-0359.2013v34n1p7](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p7).
- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 429-486.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LUDERS, R. R.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E. Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de *topcrosses* em três locais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 597-605, 2006.
DOI: [10.1590/S0006-87052006000400010](https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400010).
- PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; DIAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 374-383, 2009.
DOI: [10.1590/S0100-204X2009000400007](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000400007).
- PFANN, A. Z.; FARIA, M. V.; ANDRADE, A. A.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, C. M. D. R.; BRINGHENTTI, R. M. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 635-641, 2009.
DOI: [10.1590/S0103-84782009000300002](https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000300002).
- POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no Estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 910-920, 2013.

- PINTO, A. P.; LANÇANOVA, J. A. C.; LUGÃO, S. M. B.; ROQUE, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; OLIVEIRA, J. S.; LEME, M. C. J.; MIZUBUTI, I. Y. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1071-1078, 2010. DOI: [10.5433/1679-0359.2010v31n4p1071](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4p1071).
- POSSATTO JÚNIOR, O.; FARIA, M. V.; BATTISTELLI, G. M.; ROSSI, E. S.; MARCK, D. F.; SILVA, C. A.; GABRIEL, A.; GRALAK, E. Avaliação de linhagens S₂ de milho em *topcrosses* com linhagem-elite testadora. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 2, p. 259-271, 2017a. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v16n2p297-309](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n2p297-309).
- POSSATTO JÚNIOR, O.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; OLIBONI, R.; BARCELLOS, A. L.; GUERRA, E. Adaptability and stability of wheat genotypes on ten environments in the states of Paraná and São Paulo, Brazil. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 2, p. 113-121, 2017b. DOI: [10.5039/agraria.v12i2a5426](https://doi.org/10.5039/agraria.v12i2a5426).
- RAMOS, L. M.; SANCHES, A.; COTES, J. M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de genótipos de arroz, mediante duas metodologias de avaliação na Colômbia. **Acta Agronômica**, Palmira, v. 60, n. 1, p. 39-49, 2011.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SCHMILDT, E. R.; CRUZ, C. D. Análise da adaptabilidade e estabilidade do milho pelos métodos de Eberhart e Russell e de Annicchiarico. **Revista Ceres**, v. 52, n. 299, p. 45-58, 2005.
- SCHMILDT, E. R.; NASCIMENTO, A. L.; CRUZ, C. D.; OLIVEIRA, J. A. R. Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 51-58, 2011. DOI: [10.4025/actasciagron.v33i1.5817](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.5817).
- SILVA, C. A.; FARIA, M. V.; ROSSI, E. S.; POSSATTO JÚNIOR, O.; BATTISTELLI, G. M.; GABRIEL, A.; MARCK, D. F. Performance and stability of maize *topcross* hybrids from partly inbred lines. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 5, p. 2899-2908, 2017.
- ZOBEL, R. W.; WRIGHT, A. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 3, p. 388-393, 1988. DOI: [10.2134/agronj1988.00021962008000030002x](https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000030002x).