

## INFLUÊNCIA DA CORREÇÃO DE ESTANDE NA ADAPTABILIDADE E NA ESTABILIDADE DE SORGO BIOMASSA

VANDER FILLIPE DE SOUZA<sup>1</sup>, RAFAEL AUGUSTO DA COSTA PARRELLA<sup>1</sup>, CÍCERO BEZERRA DE MENEZES<sup>1</sup>, FLÁVIO DESSAUNE TARDIN<sup>1</sup>, ANDRÉ MAY<sup>1</sup>, BEATRIZ MARTI EMYDIO<sup>2</sup>, CYNTHIA MARIA BORGES DAMASCENO<sup>1</sup>, ROBERT EUGENE SCHAFFERT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brasil, [vanderfsouza@gmail.com](mailto:vanderfsouza@gmail.com), [rafael.parrella@embrapa.br](mailto:rafael.parrella@embrapa.br), [cicero.menezes@embrapa.br](mailto:cicero.menezes@embrapa.br), [flavio.tardin@embrapa.br](mailto:flavio.tardin@embrapa.br), [andre.may@embrapa.br](mailto:andre.may@embrapa.br), [cynthia.damasceno@embrapa.br](mailto:cynthia.damasceno@embrapa.br), [robert.schaffert@embrapa.br](mailto:robert.schaffert@embrapa.br)

<sup>2</sup>Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil, [beatriz.emygdio@embrapa.br](mailto:beatriz.emygdio@embrapa.br)

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.3, p. 371-381, 2014*

**RESUMO** - Em ensaios de competição de cultivares, a desuniformidade na população de plantas pode proporcionar a superioridade não genética entre os materiais testados. Objetivou-se, com o presente trabalho, verificar a influência dos métodos de correção de estande na recomendação de cultivares de sorgo biomassa pelo método de adaptabilidade e estabilidade de Annicchiarico. Foram avaliadas 25 cultivares no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em cinco ambientes. Os métodos utilizados para correção do estande foram regra de três, Zuber, covariância para estande médio, covariância para estande ideal, Cruz, Vencovsky & Cruz, correção estratificada. Os dados sem correção foram utilizados como referência. Apesar de ocorrer mudanças nos rankings de classificação da adaptabilidade e da estabilidade, os genótipos indicados foram os mesmos para a maioria dos métodos de correção do estande. A correção por covariância para estande ideal foi considerada a mais eficiente, por promover redução no coeficiente de variação e na relação entre o maior e o menor quadrados médios do resíduo dos ambientes avaliados. Ao todo, dez híbridos desenvolvidos pelo programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo foram considerados adaptados e estáveis pelo método de Annicchiarico e superaram as cultivares comerciais avaliadas.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*; estatística experimental; melhoramento de plantas; recomendação de cultivares; Annicchiarico.

## INFLUENCE OF CORRECTION OF STAND ON THE ADAPTABILITY AND STABILITY OF SORGHUM BIOMASS

**ABSTRACT** - In trials of cultivars competition, the lack of uniformity in plant population may create a non-genetic superiority among the tested materials. The objective of the present work was to verify the influence of the stand correction methods in the recommendation of sorghum biomass using the method of adaptability and stability of Annicchiarico. Twenty-five cultivars were evaluated in a randomized block design with three replications in five environments. The methods used to correct the stand were the rule of three, Zuber, covariance for average stand, covariance for ideal stand, Cruz, Vencovsky & Cruz, stratified correction. The uncorrected data were used as reference. Although changes occurred in the ranking of adaptability and stability, the indicated genotypes were the same for most methods of stand correction. The correction by covariance for ideal stand was considered the most efficient method, because it promoted a reduction in the coefficient of variation and in the relationship between the largest and smallest mean square of residues of the evaluated environments. Altogether ten hybrids developed by the breeding program at Embrapa Maize and Sorghum were considered suitable and stable by the method of Annicchiarico and surpassed the commercial cultivars evaluated.

**Key words:** *Sorghum bicolor*; experimental statistics; plant breeding; recommending cultivars; Annicchiarico.

A cultura do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] se destaca como uma alternativa energética por produzir matéria-prima potencial para fermentação em todas as três categorias: à base de açúcar; à base de amido; e à base de celulose (Whitfield et al., 2012). O sorgo biomassa pode contribuir especificamente para suprimento da demanda nacional por energia, tanto por meio da segunda geração de combustíveis, como da cogeração de eletricidade, devido ao seu alto potencial de produção e da qualidade das fibras (Naik et al., 2010). Novos híbridos estão sendo desenvolvidos pelos programas de melhoramento para essas finalidades.

Os desempenhos dos genótipos desenvolvidos são testados quanto à adaptabilidade e à estabilidade dos materiais em diferentes ambientes, para indicação de cultivares para lançamento comercial. Entretanto, um dos problemas básicos nas análises conjuntas dos ensaios de competição das cultivares consiste na desuniformidade presente na população de plantas avaliadas, que pode proporcionar a superioridade de natureza não genética entre as cultivares (Cruz & Carneiro, 2003).

O uso dos princípios básicos da experimentação durante todas as suas etapas é fundamental para manter o erro experimental em níveis aceitáveis. No entanto, fatores ambientais podem influir significativamente na redução do estande através da mortalidade de plantas por ataque de pragas e doenças, da alta pluviosidade, dentre diversos outros problemas durante a implantação e a condução dos experimentos. Os métodos de correção de estande propõem modelos matemáticos que ajustam os dados, diminuindo o erro e a perda de produtividade da parcela (Cruz & Carneiro, 2003).

Existem diversos métodos baseados em diferentes modelos, dos quais o mais básico seria a regra de três. Entretanto, de acordo com Veronesi et al. (1995), o uso da regra de três é inapropriado por

não existir proporcionalidade linear entre o número de plantas e a produtividade observada, o que pode ocasionar a superestimação dos valores corrigidos. Devem ser considerados tanto o decréscimo na produção, pela presença de falhas, como o acréscimo pelas plantas vizinhas às falhas, pela ausência de competição (Vencovsky & Cruz, 1991), assim como o potencial genético de cada material.

As aplicações de metodologias de correção de estande e a verificação da interferência nas estimativas dos parâmetros da análise de adaptabilidade e da estabilidade foram amplamente estudadas para a cultura do milho. Cargnelutti Filho & Storck (2004), utilizando o método de Eberhart & Russell (1966), e Cargnelutti Filho (2005), utilizando o método de Lin & Binns (1988), concluíram que os métodos de covariância de população média e ideal, Vencovsky & Cruz e correção estratificada foram os que acarretaram as menores discordâncias dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das cultivares.

Schmidt et al. (2006), em avaliação da interferência dos métodos de covariância para estande ideal e pela correção estratificada na indicação das cultivares pelo método de Annicchiarico (1992), observaram redução no coeficiente de variação e melhoria na eficiência dos experimentos e que a correção do estande influenciou nos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade.

A avaliação da adaptabilidade e da estabilidade das cultivares pelo método de Annicchiarico (1992) possibilita fácil interpretação dos resultados, pelo meio de um índice de recomendação, que possibilita distinguir facilmente um grupo de genótipos superiores. Dessa forma, objetivou-se, com o presente trabalho, verificar o comportamento da precisão experimental mediante o uso de métodos de correção de estande das parcelas experimentais e suas influências sobre a indicação de cultivares de sorgo biomassa.

## Material e Métodos

Foram utilizados neste trabalho dados referentes a ensaios de avaliação de cultivares de sorgo biomassa (*Sorghum bicolor*) em Sete Lagoas, MG, Nova Porteirinha, MG, Votuporanga, SP, Pelotas, RS e Conde, BA, na safra 2011/2012. Foram analisadas 25 cultivares, sendo 20 híbridos experimentais desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Milho e Sorgo, três variedades (CMSXS651, CMSXS652 e CMSXS653) e dois híbridos comerciais (Volumax e BRS655).

O delineamento estatístico usado foi em blocos ao acaso, com três repetições. Em todos os ensaios, as parcelas constaram de duas fileiras de 5 m, espaçadas 0,70 m. As semeaduras foram realizadas a fim de se obterem populações finais de 80 plantas por parcela, o que corresponde a uma população de aproximadamente 120.000 plantas por hectare. Em cada ambiente, foram realizadas análises de variância para estande e para produção de biomassa. Nos casos em que o efeito do estande foi significativo, pelo teste F a 5% de probabilidade, a correção de dados da produtividade foi considerada adequada.

O ajuste da produtividade em função do estande foi processado por sete métodos, conforme Cruz & Carneiro (2003): correção por regra de três (RT); correção pelo método de Zuber (Zuber); correção pela covariância para população média (COVM); correção pela covariância para população ideal (Covi); correção pelo método de Cruz (Cruz); correção pelo método de Vencovsky & Cruz (VC); e correção estratificada (CE).

Nas expressões de correção,  $Z_{ij}$  representa a produtividade corrigida,  $Y_{ij}$  o rendimento observado nas parcelas, cujo estande é de  $X_{ij}$  plantas, e  $H$  representa o estande ideal de 80 plantas por parcela

em todos os ambientes. Os métodos são descritos a seguir:

a) SC - Sem correção. Os dados foram submetidos à análise sem aplicação de métodos de correção, ou seja:

$$Z_{ij} = Y_{ij}.$$

b) RT - Regra de três. Os dados foram corrigidos pela expressão:

$$Z_{ij} = Y_{ij} \times (H / X_{ij}).$$

c) Zuber - Acrescenta 70% do rendimento médio por planta, para cada falha, e considera que 30% são recuperados pelas plantas que não falharam, conforme Zuber (1942):

$$Z_{ij} = Y_{ij} \times [H - 0,3 \times (H - X_{ij})] / X_{ij}.$$

d) COVM - Covariância com correção para o estande médio, conforme o seguinte modelo:

$$Z_{ij} = Y_{ij} - b \times (X_{ij} - \chi);$$

sendo que  $b$  é o coeficiente de regressão residual de  $Y_{ij}$  em função de  $X_{ij}$ , estimado conforme o processo descrito por Steel & Torrie (1980), e o estande médio do ensaio.

e) Covi - Covariância com correção para a população ideal, calculado pelo seguinte modelo:

$$Z_{ij} = Y_{ij} - b \times (X_{ij} - H).$$

f) Cruz - Correção que utiliza análise de covariância, modelo proposto por Cruz (1971):

$$Z_{ij} = Y_{ij} \times (H / X_{ij}) - c \times (H - X_{ij});$$

sendo que  $c$  é o coeficiente de regressão residual da variável  $Y_{ij}$ , corrigida por regra de três, em função do número de falhas na parcela.

g) VC - Correção por um fator de compensação estimado a partir dos dados experimentais, segundo o modelo proposto por Vencovsky & Cruz (1991):

$$Z_{ij} = Y_{ij} \times [H - a \times (H - X_{ij})] / X_{ij};$$

sendo  $a$  o coeficiente de compensação por ausência de competição definido por:  $a = c / \bar{Y}$ .

h) CE - Correção estratificada, proposta por Schmidt et al. (2001), por grupo estabelecido com

base na inexistência de diferença significativa entre as médias, conforme teste de Scott & Knott (1974):

$$Z_{ijk} = Y_{ijk} - b_k \times (X_{ijk} - H); \text{ em que } b_k \text{ é}$$

o valor de b para o k-ésimo grupo ( $k = 1, 2, \dots, n$ , sendo n o número de grupos).

Em seguida, os dados foram submetidos a análises de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992) para observar se houve influência do método de correção sobre a classificação das cultivares. Por esta metodologia, estima-se o índice de confiança ( $Wi$ ) de indicação das cultivares. Elevado  $Wi$  representa desempenho médio superior à média geral dos ambientes e menor desvio padrão. Genótipos com  $Wi$  superior a 100% são considerados mais seguros para recomendação.

O modelo para análise da adaptabilidade e da estabilidade segue a fórmula:

$Wi = \bar{Y} - Z_{(1-\alpha)} \cdot S_p$ , em que  $Wi$ : índice de confiança (%);  $\bar{Y}$ : média do genótipo i em percentagem;  $Z_{(1-\alpha)}$ : função de distribuição normal acumulada;  $S_i$ : desvio padrão dos valores percentuais.

O valor na distribuição normal standardizada  $Z_{(1-\alpha)}$  adotado foi igual a 0,2734, para  $\alpha = 25\%$ , o que representa um nível de 75% de confiabilidade de

que os genótipos, na pior das hipóteses, tiveram rendimentos superiores à média ambiental. As análises estatísticas foram procedidas com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2013).

## Resultados e Discussão

As análises estatísticas referentes ao estande final nos cinco ambientes avaliados são apresentadas na Tabela 1. O ensaio de Nova Porteirinha, MG foi o que apresentou estande médio mais próximo do ideal (80 plantas por parcela). Em Sete Lagoas, MG, o estande apresentou menor média, que correspondeu a uma redução de 41,25% do estande ideal, e o maior coeficiente de variação ( $CV = 17,91\%$ ). Os ensaios em Pelotas, RS e em Conde, BA extrapolaram o estande ideal, com 90 e 102 plantas por parcela, respectivamente, possivelmente associados à ineficiência do desbaste durante a implantação do experimento.

O teste F foi significativo para estande final por parcela em todos os ambientes avaliados, o que expressa diferentes respostas das cultivares nos ambientes. Entretanto, conforme Schimidt et al. (2001), a significância ou não pelo teste F não depende da amplitude da

**TABELA 1.** Média, coeficiente de variação (CV), quadrados médios de genótipos e de resíduo, diferença mínima significativa (DMS) a 5% de probabilidade (DMS 5%) e F calculado para a característica estande final por parcela, na produção de sorgo biomassa, em cinco ambientes, na safra 2011/2012.

Ambiente	Média	CV	Quadrado Médio		DMS 5%	F
			Genótipos	Resíduo		
Sete Lagoas, MG	47	17,91	176,11**	71,77	26,82	2,45
Nova Porteirinha, MG	83	10,04	461,22**	68,97	26,29	6,69
Votuporanga, SP	60	12,93	172,26**	59,38	24,40	2,90
Pelotas, RS	102	9,75	1124,96**	98,75	31,46	11,39
Conde, BA	90	11,85	1468,53**	114,17	33,83	12,86

\*\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

variação em relação ao estande ideal. O mesmo pode ser observado para o coeficiente de variação. Apesar da média próxima do ideal (80 plantas por parcela) em Nova Porteirinha, MG, o CV foi superior (11,85) ao de Pelotas, RS, que apresentou estande acima do ideal.

Nas análises de variância dos dados com e sem correção, foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) para as fontes de variação genótipos, ambientes e interação genótipos x ambientes (Tabela 2). Todos os métodos, exceto COVM, promoveram o aumento da média de produção, que variou de 44,5 a 53,1 kg por parcela nos dados corrigidos. Esta diferença, quando transformada para toneladas por hectare, pode chegar a 12,3 t ha<sup>-1</sup>. Apenas os métodos COVM e Covi promoveram redução no coeficiente de variação (CV) em relação aos dados sem correção, que correspondeu a respectivamente 14,2% e 12,6%. Além disso, esses métodos apresentaram os menores valores na relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (Relação QMR = 4,7).

O método COVM proporcionou valores médios de produção semelhantes aos do SC, mas

apresentou o inconveniente de ter ajuste em torno do estande médio. Isto provocou redução na produtividade das cultivares que apresentaram estande próximo do ideal, sendo, portanto, inconveniente como método de correção. Os demais métodos proporcionaram maiores médias de produtividade, o que corroborou com os dados de Schimdt et al. (2001).

O método Covi apresentou o menor CV e baixa Relação QMR, o que corroborou com o trabalho de Vencovsky & Cruz (1991), que concluíram que esse método foi o mais eficiente em situações estudadas com dados simulados para a cultura do milho. O método CE permite que as correções ocorram por grupos de cultivares estatisticamente definidos pela diferença mínima significativa. Isso seria recomendável, uma vez que ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. Porém, nesse caso, o método apresentou aumento no CV (18,4) e Relação QMR superior a sete (18,1), o que impossibilitaria a análise conjunta dos ambientes (Gomes, 1990).

A Tabela 3 apresenta as porcentagens de ajuste dos métodos de correção nas médias dos ambientes,

**TABELA 2.** Análise de variância da produção de biomassa verde, em kg por parcela, sem correção de estande (SC), e corrigida pelos métodos regra de três (RT), Zuber (1942) (Zuber), covariância para estande médio (COVM), covariância para estande ideal (Covi), Cruz (1971) (Cruz), Vencovsky & Cruz (1991) (VC) e Schimdt (2001) (CE).

FV	GL	SC	RT	Zuber	COVM	Covi	Cruz	VC	CE
Blocos/Ambientes	10	246,4	2211,1	959,8	838,8	838,7	3091,0	1215,7	2464,3
Genótipos (G)	24	764,0**	1223,9**	992,0**	654,0**	654,0**	1001,2**	958,9**	526,3**
Ambientes (A)	4	13021,4**	17775,1**	13190,2**	13021,3**	10430,4**	18429,0**	11802,7**	15289,7**
Interação G x A	96	129,9**	220,7**	177,9**	128,2**	128,2**	225,5**	185,1**	418,4**
Resíduo	240	50,0	83,1	63,8	40,0	40,0	73,7	67,0	95,2
Média		44,5	50,7	48,8	44,5	50,1	51,5	51,2	53,1
CV (%)		15,9	18,0	16,4	14,2	12,6	16,7	16,0	18,4
Relação QMR		4,1	11,4	9,6	4,7	4,7	12,5	10,1	18,1

\*\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

em função dos dados originais sem correção. É possível observar a elevação nas médias de produtividade (porcentagens positivas) nos ensaios de Sete Lagoas, MG e Votuporanga, SP. Vencovsky & Cruz (1991), com dados simulados, verificaram que, à medida que se reduz o valor do estande médio, a média estimada de produção aumenta consideravelmente, o que pode explicar o resultado ocorrido em Sete Lagoas, MG, que apresentou a menor média do estande entre todos os ambientes avaliados. Também foi possível observar redução dos valores nos ambientes com média de estande acima do ideal. Nova Porteirinha, MG apresentou ajustes negativos para os métodos RT, Zuber, Covi e VC e positivo para Cruz e CE. O método COVM não promove ajustes nas médias dos ambientes.

Na análise de adaptabilidade e estabilidade pela metodologia de Annicchiarico (1992), dez dos 25 genótipos foram recomendados, por apresentarem índice de confiança acima de nota de corte ( $W_i \geq 100\%$ ). Isso representa que esses genótipos possuem os menores riscos de desempenho abaixo da média geral nos ambientes avaliados. Foi possível observar alterações no ranking de classificação e recomendação dos genótipos, em relação aos dados sem

correção, promovidas pelos métodos de correção de estande (Tabela 4).

O Híbrido 13 e o Híbrido 16, que apresentaram, respectivamente,  $W_i$  igual a 94% e 92,2% nos dados sem correção, passaram a apresentar valores maiores que 100% em todos os métodos de correção aplicados. Isso indica que os híbridos 13 e 16 são genótipos potenciais que foram desfavorecidos pelo baixo estande das parcelas e não seriam selecionados, caso não se processasse a correção de estande. Em contraponto, a variedade CMSXS652 e o Híbrido 9 passaram a ter  $W_i$  menor que 100% após correção.

O método CE foi o que apresentou o menor grupo de genótipos indicados e a maior diferença em relação aos demais métodos, com a eliminação do Híbrido 5 e do Híbrido 16 da recomendação. Dentre os demais métodos de correção, ocorreram apenas mudanças na classificação dos genótipos dentro do grupo de indicados, sem alteração na recomendação dos materiais. A exceção foi a inclusão do Híbrido 10 no grupo com  $W_i > 100$  no método de Regra de 3.

Na Tabela 5, é possível visualizar as porcentagens de ajuste nas médias de produtividade promovido pelos métodos de correção em função dos dados

**TABELA 3.** Ajuste nas médias de produtividade dos ambientes, em porcentagem, pelos métodos de correção regra de três (RT), Zuber (1942) (Zuber), covariância para estande médio (COVM), covariância para estande ideal (Covi), Cruz (1971) (Cruz), Vencovsky & Cruz (1991) (VC) e Schmildt (2001) (CE), em função dos dados sem correção, nos cinco ambientes de avaliação.

Ambientes	Estande Médio	Correção (%)						
		RT	Zuber	COVM	Covi	Cruz	VC	CE
Sete Lagoas, MG	47	68,25	47,77	0,00	61,59	41,53	60,82	62,15
Nova Porteirinha, MG	83	-1,65	-1,15	0,00	-0,57	1,17	-0,28	1,17
Votuporanga, SP	60	48,46	33,92	0,00	26,27	54,56	37,16	53,30
Pelotas, RS	102	-18,25	-12,77	0,00	-0,37	-3,56	-0,32	-2,17
Conde, BA	90	-7,07	-4,95	0,00	-5,94	-3,94	-3,72	0,92

**TABELA 4.** Índices de confiança ( $W_i$ ) de 25 genótipos sorgo biomassa sem correção de estande (SC) e corrigidos pelos métodos regra de três (RT), Zuber (1942) (Zuber), covariância para estande médio (COVM), covariância para estande ideal (Covi), Cruz (1971) (Cruz), Vencovsky & Cruz (1991) (VC) e Schimldt (2001) (CE), com base na metodologia de Annicchiarico (1992). Os números entre parênteses correspondem aos genótipos classificados em função dos dados sem correção de estande.

Ambientes	$W_i$							
	SC	RT	Zuber	COVM	Covi	Cruz	VC	CE
Híbrido 1 (1)	121,6 (1)	122,3 (18)	120,7 (1)	120,4 (1)	117,5 (1)	118,3 (1)	119,2 (1)	111,6 (1)
Híbrido 2 (2)	120,7 (2)	120,8 (1)	118,0 (3)	118,2 (2)	115,9 (2)	116,2 (3)	117,4 (2)	110,2 (2)
Híbrido 3 (3)	116,1 (3)	118,8 (3)	115,5 (2)	116,6 (3)	114,5 (3)	115,4 (2)	115,7 (3)	110,1 (7)
Híbrido 4 (4)	115,5 (4)	113,5 (2)	114,2 (18)	114,3 (4)	111,6 (4)	112,8 (18)	113,7 (4)	107,5 (4)
Híbrido 5 (5)	108,2 (5)	112,0 (7)	113,0 (4)	109,1 (5)	107,9 (5)	112,4 (4)	108,6 (7)	106,3 (3)
Híbrido 6 (6)	106,8 (6)	112,0 (4)	109,8 (7)	107,8 (7)	107,1 (6)	108,3 (7)	107,9 (5)	104,7 (15)
Híbrido 7 (7)	103,2 (7)	108,4 (15)	108,1 (5)	106,2 (6)	106,4 (7)	107,5 (5)	107,7 (8)	103,2 (6)
Híbrido 8 (8)	101,7 (8)	108,4 (8)	107,4 (8)	105,9 (8)	105,1 (8)	107,2 (8)	106,9 (6)	101,4 (8)
CMSXS651 (9)	101,2 (9)	108,1 (5)	106,5 (6)	102,2 (18)	102,0 (15)	104,9 (6)	104,9 (18)	99,4 (23)
Híbrido 9 (10)	101,0 (10)	106,0 (6)	104,6 (15)	101,8 (15)	101,4 (18)	102,5 (15)	102,2 (15)	99,0 (5)
Híbrido 10 (11)	98,6 (11)	100,5 (11)	99,9 (11)	99,4 (10)	99,9 (12)	98,6 (10)	99,4 (10)	98,5 (20)
Híbrido 11 (12)	98,3 (12)	99,2 (10)	99,8 (10)	97,8 (11)	99,2 (10)	96,8 (11)	97,1 (11)	95,5 (12)
Híbrido 12 (13)	96,2 (13)	98,3 (20)	96,2 (20)	96,1 (12)	97,3 (11)	94,0 (20)	95,0 (12)	93,5 (16)
CMSXS652 (14)	94,4 (14)	97,4 (23)	94,3 (16)	95,2 (20)	95,7 (16)	92,4 (23)	94,4 (20)	93,5 (18)
Híbrido 13 (15)	94,0 (15)	94,4 (16)	94,3 (23)	94,6 (16)	95,4 (20)	92,3 (16)	94,3 (16)	91,8 (13)
Híbrido 14 (16)	93,4 (16)	92,4 (12)	93,9 (12)	94,3 (23)	95,0 (23)	91,7 (12)	93,1 (23)	91,4 (10)
Híbrido 15 (17)	92,6 (17)	89,0 (19)	90,3 (13)	91,9 (13)	94,6 (13)	90,5 (13)	92,1 (13)	91,1 (17)
Híbrido 16 (18)	92,2 (18)	87,9 (13)	89,8 (19)	91,2 (19)	92,5 (19)	90,5 (9)	89,9 (9)	90,2 (11)
Híbrido 17 (19)	91,5 (19)	86,9 (17)	88,5 (17)	89,4 (17)	91,8 (17)	88,5 (19)	89,5 (19)	89,2 (19)
Híbrido 18 (20)	91,4 (20)	83,3 (21)	85,3 (21)	85,7 (9)	87,7 (9)	87,6 (17)	89,5 (17)	88,4 (9)
Híbrido 19 (21)	88,8 (21)	81,3 (22)	82,8 (22)	84,9 (21)	86,1 (21)	85,5 (22)	86,1 (21)	86,1 (14)
CMSXS653 (22)	86,4 (22)	71,3 (9)	80,6 (9)	84,2 (22)	84,0 (22)	85,2 (14)	83,8 (22)	85,1 (21)
Híbrido 20 (23)	85,2 (23)	67,8 (24)	73,6 (14)	74,7 (14)	74,8 (14)	85,2 (21)	82,5 (14)	84,3 (24)
Volumax (24)	56,9 (24)	64,4 (14)	65,3 (24)	69,1 (24)	73,7 (24)	62,3 (24)	65,1 (24)	79,6 (22)
BRS655 (25)	49,4 (25)	54,1 (25)	53,4 (25)	59,7 (25)	64,6 (25)	53,2 (25)	54,5 (25)	74,7 (25)

sem correção. Nos métodos RT, Zuber, COVM e Covi, as porcentagens de ajuste foram negativas para os genótipos CMSXS652 e CMSXS651, que apresentaram estande final médio superior ao valor ideal. No método COVM, ocorreu grande proporção de ajustes negativos, explicada pela correção em função do estande médio dos ambientes. Nos métodos Cruz, VC e CE, não ocorreram ajustes negativos, apesar da ocorrência de média de estande acima do ideal.

Os ajustes dos valores de produtividade dos genótipos com estande acima do ideal pelos métodos de correção são antagônicos do ponto de vista da ocorrência de competição entre plantas. Entretanto, ao simplesmente deduzir-se o valor da produtividade proporcionalmente ao estande acima do ideal, pode ocorrer subestimação da média produtiva, proporcionada pela competição entre plantas.

O método Covi, além de reduzir o CV e manter a Relação QMR menor que sete, promoveu o ajuste em função do estande ideal, o que não proporcionou a subestimação da produtividade em função do estande médio abaixo do indicado. Esse método foi o mais apropriado para correção dos dados nos ambientes avaliados e possibilitou um ajuste médio nas médias de produtividade de 13,53%, variando entre uma redução de 2,5% no CMSXS651 até um incremento de 37% no BRS655. As médias dos genótipos por ambientes, corrigidas pelo método de covariância para estande ideal, podem ser observadas na Tabela 6. Os híbridos experimentais 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13 e 16 foram considerados mais adaptados e estáveis e superaram as cultivares comerciais avaliadas.

### Conclusões

A análise de covariância baseada no estande ideal foi considerada a mais apropriada para a correção

dos dados, por promover a redução no coeficiente de variação e na relação entre o maior e o menor quadradados médios do resíduo dos ambientes avaliados.

Apesar de ocorrerem mudanças no ranking de classificação das cultivares pelo método de Annicchiarico, os genótipos indicados como adaptados e estáveis foram os mesmos para a maioria dos métodos de correção do estande. Ao todo, dez híbridos foram considerados adaptados e estáveis após correção por covariância do estande ideal.

O Híbrido 13 e o Híbrido 16 são genótipos potenciais que foram desfavorecidos pelo baixo estande das parcelas e não seriam indicados, caso não se processasse a correção de estande. Dessa forma, essa metodologia mostrou-se relevante para decisão na identificação de genótipos superiores de sorgo biomassa, contribuindo para o programa de melhoramento genético.

### Agradecimentos

À Embrapa Milho e Sorgo, à Comissão Europeia FP7 projeto “SweetFuel” e à Fapemig, pelo apoio financeiro. À Universidade Federal de São João del-Rei, pela concessão da bolsa de estudo.

### Referências

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, Berlin, v. 46, p. 269-278, 1992.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Métodos de correção da produtividade de grãos de milho relacionado à adaptabilidade e estabilidade de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 9, p. 857-864, 2004.



**TABELA 5.** Ajuste nas médias de produtividade de 25 genótipos de sorgo biomassa, em porcentagem, pelos métodos de correção regra de três (RT), Zuber (1942) (Zuber), covariância para estande médio (COVM), covariância para estande ideal (Covi), Cruz (1971) (Cruz), Vencovsky & Cruz (1991) (VC) e Schimdt (2001) (CE), em função dos dados sem correção de estande.

Genótipos	Estande Médio	Correção (%)						
		RT	Zuber	COVM	Covi	Cruz	VC	CE
Híbrido 1 (1)	75	12,32	8,62	-1,32	8,58	12,61	12,94	9,44
Híbrido 2 (2)	79	8,00	5,60	-2,35	8,01	11,30	12,43	9,54
Híbrido 3 (3)	74	16,70	11,69	-0,34	10,29	15,95	14,48	8,66
Híbrido 4 (4)	77	12,67	8,87	-0,91	9,49	14,52	14,60	11,1
Híbrido 5 (5)	75	14,14	9,90	0,03	11,49	15,73	14,83	8,70
Híbrido 6 (6)	76	14,54	10,18	0,11	11,32	14,17	14,46	13,44
Híbrido 7 (7)	69	25,37	17,76	4,51	16,65	23,68	23,00	35,17
Híbrido 8 (8)	73	18,15	12,70	1,14	12,88	18,60	18,95	14,39
CMSXS651 (9)	109	-15,80	-11,06	-12,90	-0,83	4,33	3,41	4,12
Híbrido 9 (10)	76	14,82	10,37	-0,58	11,69	16,38	15,75	9,28
Híbrido 10 (11)	73	16,07	11,25	-1,36	11,30	14,38	13,98	9,14
Híbrido 11 (12)	78	2,72	1,90	-1,45	10,35	6,08	8,59	11,69
Híbrido 12 (13)	82	5,21	3,65	-3,00	9,67	9,91	10,35	12,03
CMSXS652 (14)	112	-15,29	-10,7	-15,65	-2,45	8,52	3,84	9,83
Híbrido 13 (15)	64	29,66	20,77	6,14	19,00	26,02	23,25	39,95
Híbrido 14 (16)	74	15,87	11,11	1,10	13,65	15,19	15,33	16,16
Híbrido 15 (17)	79	8,75	6,12	-2,09	10,66	12,21	12,01	13,24
Híbrido 16 (18)	56	46,26	32,38	9,68	22,71	38,71	30,24	35,52
Híbrido 17 (19)	76	9,63	6,74	-0,31	13,19	11,07	12,17	15,65
Híbrido 18 (20)	69	22,66	15,86	3,40	16,44	21,08	19,67	36,97
Híbrido 19 (21)	81	11,47	8,03	-3,19	10,93	14,48	14,02	14,56
CMSXS653 (22)	81	12,64	8,85	-3,16	10,86	17,11	14,45	8,22
Híbrido 20 (23)	66	26,50	18,55	7,53	21,73	23,42	22,39	48,41
Volumax (24)	66	26,01	18,21	13,77	33,54	19,71	22,03	72,73
BRS655 (25)	71	19,36	13,55	14,01	37,01	16,98	19,21	79,04
Média	76	14,34	10,04	0,51	13,53	16,09	15,46	21,88

**TABELA 6.** Médias de produção de biomassa de 25 genótipos de sorgo, em t ha<sup>-1</sup>, corrigidas por covariância para estande ideal (Covi), para cinco ambientes, na safra 2011/2012. Em negrito, os genótipos previamente classificados como adaptados e estáveis conforme Annicchiarico (1992).

Genótipos	Ambientes <sup>1</sup>					Total
	Sete Lagoas, MG	Nova Porteirinha, MG	Votuporanga, SP	Pelotas, RS	Conde, BA	
Híbrido 1 (1)	82.274 Ac	130.234 Aa	98.174 Ab	74.488 Ac	53.374 Ad	87.709
Híbrido 2 (2)	84.860 Aa	99.547 Ca	93.687 Aa	76.985 Ab	61.736 Ac	83.363
Híbrido 3 (3)	88.499 Ab	104.253 Ca	86.674 Ab	71.187 Ac	64.762 Ac	83.075
Híbrido 4 (4)	82.710 Ac	125.961 Aa	95.849 Ab	67.696 Ad	48.966 Ae	84.236
Híbrido 5 (5)	80.285 Aa	98.647 Ca	88.824 Aa	66.256 Ab	55.229 Ab	77.848
Híbrido 6 (6)	65.394 Bc	114.048 Ba	89.780 Ab	76.318 Ac	51.786 Ad	79.465
Híbrido 7 (7)	78.333 Aa	91.548 Da	91.141 Aa	66.051 Ab	57.255 Ab	76.866
Híbrido 8 (8)	72.189 Ab	92.080 Da	99.644 Aa	70.473 Ab	50.242 Ac	76.926
CMSXS651 (9)	79.617 Aa	86.926 Da	50.250 Dc	67.103 Ab	44.947 Bc	65.769
Híbrido 9 (10)	68.705 Bb	86.518 Da	90.582 Aa	73.114 Ab	45.382 Bc	72.860
Híbrido 10 (11)	75.112 Aa	78.373 Ea	81.163 Ba	64.967 Ab	52.031 Ab	70.329
Híbrido 11 (12)	57.935 Bc	113.827 Ba	76.231 Bb	72.092 Ab	54.007 Ac	74.818
Híbrido 12 (13)	60.041 Bb	94.201 Da	83.305 Ba	61.106 Ab	47.572 Ab	69.245
CMSXS652 (14)	67.432 Ba	76.442 Ea	68.456 Ca	61.260 Aa	21.923 Cb	59.103
Híbrido 13 (15)	68.013 Bb	86.658 Da	91.322 Aa	72.407 Ab	51.840 Ac	74.048
Híbrido 14 (16)	63.723 Bc	108.458 Ca	84.763 Bb	64.828 Ac	40.590 Bd	72.472
Híbrido 15 (17)	57.988 Bb	96.990 Ca	91.488 Aa	59.553 Ab	41.055 Bc	69.415
Híbrido 16 (18)	76.507 Ab	101.627 Ca	81.386 Bb	52.461 Bc	64.763 Ac	75.349
Híbrido 17 (19)	66.451 Ba	74.198 Ea	73.571 Ba	71.073 Aa	50.260 Ab	67.111
Híbrido 18 (20)	66.006 Bb	91.732 Da	92.885 Aa	66.773 Ab	39.919 Bc	71.463
Híbrido 19 (21)	62.530 Bb	74.202 Ea	79.401 Ba	58.154 Ab	40.184 Bc	62.894
CMSXS653 (22)	67.872 Bb	74.274 Eb	86.811 Aa	49.513 Bc	37.863 Bc	63.267
Híbrido 20 (23)	66.571 Bb	84.654 Da	81.261 Ba	65.194 Ab	45.373 Bc	68.610
Volumax (24)	56.919 Ba	65.039 Fa	54.102 Da	44.491 Ba	49.734 Aa	54.057
BRS655 (25)	56.646 Ba	58.841 Fa	45.465 Db	37.586 Bb	39.842 Bb	47.676
<b>Total</b>	<b>70.104</b>	<b>92.371</b>	<b>82.249</b>	<b>64.445</b>	<b>48.425</b>	<b>71.519</b>

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

- CARGNELUTTI FILHO, A. Interferência dos métodos de correção da produtividade de milho nos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 8, p. 753-760, 2005.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas. Viçosa: UFV, 2003. 585 p.
- CRUZ, V. F. da. Estudo sobre a correção de produção de parcelas em ensaios com milho. Piracicaba: ESALQ, 1971. 143 p. Tese de Doutorado.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 401p.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A method of analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, New York, v. 76, p. 425-430, 1988.
- NAIK, S. N.; GOUD, V. V.; ROUT, P. K.; DALAI, A. K. Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, p. 578-597, 2010.
- SCHMILDT, E. R.; CRUZ, C. D.; ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, P. R. G.; FERRÃO, R. G. Avaliação de métodos de correção do estande para estimar a produtividade em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1011-1018, 2001.
- SCHMILDT, E. R.; KRAUSE, W.; CRUZ, C. D. Melhoria na eficiência dos experimentos de indicação de cultivares de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n.1, p.72-80, 2006.
- 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, pp.51-58, 2011.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.
- VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D. Comparação de métodos de correção de rendimento de parcelas experimentais com estandes variados: I. Dados simulados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, p. 647-657, 1991.
- VERONESI, J. A.; CRUZ, C. D.; CORRÊA, L. A.; SCAPIM, C. A. Comparação de métodos de ajuste do rendimento de parcelas com estandes variados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 169-174, fev. 1995.
- WHITFIELD, M. B.; CHINN, M. S., VEAL, M. W. Processing of materials derived from sweet sorghum for biobased products. *Industrial Crops and Products*, v. 37, p. 362-375, 2012.
- ZUBER, M. S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniform trial data. *Journal of the American Society of Agronomy*, [S.l.], v. 34, p. 30-47, 1942.