

IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERES RELACIONADOS À PRECOCIDADE E PRODUTIVIDADE EM HÍBRIDOS DE SORGO VIA CORRELAÇÕES CANÔNICAS

Ildelfonsa Benitez Zanatto¹, Sandro Sponchiado¹, Paulo Eduardo Teodoro², Karla Jorge da Silva², Cícero Bezerra de Menezes³ e Flavio Dessaune Tardin⁴

¹Discente de mestrado em Agronomia; Universidade Federal do Mato Grosso; Sinop, MT; ildezanatto27@gmail.com; ²Discente de doutorado em Genética e Melhoramento; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, MG; eduteodoro@hotmail.com, karla.js@hotmail.com; ³Discente de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas; Universidade do Estado de Mato Grosso; Cáceres, MT; s_sponchiado@yahoo.com.br; ⁴Pesquisador A; Núcleo de Recursos Genéticos e Obtenção de Cultivares; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG; cicero.menezes@embrapa.br; ⁵Pesquisador A; Núcleo de Recursos Genéticos e Obtenção de Cultivares; Embrapa Milho e Sorgo; Sinop, MT; flavio.tardin@embrapa.br.

RESUMO: A expansão do cultivo do sorgo granífero tem gerado uma grande demanda por genótipos altamente produtivos e precoces. Dentre as técnicas biométricas, as correlações canônicas são apropriadas para estimar a relação entre dois grupos de caracteres agrônômicos. O objetivo desse trabalho foi empregar as correlações canônicas para identificar caracteres relacionados à precocidade e produtividade em híbridos de sorgo. Foram avaliados 69 híbridos de sorgo granífero provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e duas testemunhas comerciais. As correlações canônicas foram estimadas entre o grupo de variáveis dependentes (florescimento e produtividade de grãos) e independentes (altura de plantas, acamamento, incidência de antracnose, *stray green* e umidade nos grãos). As duas correlações canônicas foram altas e significativas ($p < 0,01$) pelo teste qui-quadrado. A seleção de genótipos mais com menor incidência de antracnose contribui para o aumento na produtividade do sorgo granífero. Genótipos de sorgo mais precoces podem ser selecionados a partir da seleção indireta de genótipos com menor porte e menor teor de umidade nos grãos no momento da colheita.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor*. Correlações. Relação entre variáveis.

ABSTRACT: The expansion of sorghum cultivation has generated a great demand for highly productive and early genotypes. Among the biometric techniques, canonical correlations are appropriate to estimate the relationship between two groups of agronomic traits. The aim of this study was to use the canonical correlations to identify traits related to the precocity and productivity in sorghum hybrids. We evaluated 69 hybrids of sorghum from the Embrapa Improvement Program Maize and Sorghum and two commercial controls. The canonical correlations were estimated among the group of dependent variables (flowering and grain yield) and independent (plant height, lodging, incidence of anthracnose, stray green and moisture in the grain). The two canonical correlations were high and significant ($p < 0.01$) using the chi-square test. The selection of genotypes more with less incidence of anthracnose contributes to the increase in productivity of sorghum. earlier sorghum genotypes can be selected from the indirect selection of genotypes with smaller and lower moisture content in the grain at harvest.

KEY WORD: *Sorghum bicolor*. Correlations. Relationship between variables.

1 INTRODUÇÃO

O [*Sorghum bicolor* L. Moench] é uma gramínea originada do continente africano, pertencente à família *Poaceae*, sendo cultivada em diversas regiões. É uma planta C4 com elevada atividade fotossintética (MAGALHÃES et. al, 2010. A cultura do sorgo se caracteriza por ser de ciclo fenológico curto, alcançando sua maturação fisiológica em aproximadamente 4 meses, da sementeira à colheita variando de 90 a 120 dias meses (FONTES et al., 2011).

Na época em que ocorre a sementeira do sorgo, entre os meses de janeiro a março, além dos fatores temperatura e luminosidade, o volume e a frequência de chuvas costumam ser

oscilantes e insuficientes, reduzindo a probabilidade do adequado atendimento da demanda hídrica da maioria das culturas (GOES et al., 2011), desta forma o sorgo granífero de segunda safra tem apresentado grande expansão de cultivo em diversas regiões agrícolas no Brasil (TARDIN et al., 2013).

No Brasil a área cultivada com sorgo foi de 702 mil hectares, cuja produção de grãos alcançou 1,92 milhões de toneladas na safra 2014/2015. Estes valores foram ligeiramente inferiores aos da safra anterior (2012/2013), cuja produção atingiu 2,30 milhões de toneladas de grãos colhidos em 806,4 mil hectares (CONAB, 2015).

Dentre as técnicas baseadas em biometria, as correlações canônicas são apropriadas para estimar a relação entre dois grupos de caracteres agrônômicos. Cruz et al. (2012) enfatizam que esta análise consiste na obtenção de funções canônicas, sendo que cada função é composta por um par de variáveis estatísticas, representando as variáveis dependentes e independentes. O número máximo de funções canônicas que pode ser obtido é igual ao número de variáveis do menor conjunto de dados. Estes autores ainda afirmam que o primeiro par canônico é alcançado de forma a ter-se a maior associação possível com os grupos de variáveis. O segundo par canônico também é obtido para exibir a maior relação entre os grupos de variáveis analisadas, mas que não foi explicada pelo primeiro par e, assim, sucessivamente.

Portanto, a análise de correlação canônica reduz a complexidade envolvida ao relacionar dois conjuntos de variáveis (PROTÁSIO et al., 2012), permitindo o melhor entendimento das relações existentes entre as características, fornecendo informações úteis, as quais facilitam o processo de seleção (NOGUEIRA et al., 2012). Apesar de sua relevância para o melhoramento genético esta análise ainda é escassa para a cultura do sorgo. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi empregar as correlações canônicas para identificar caracteres relacionados à precocidade e produtividade em híbridos de sorgo granífero.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em 2012 na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop, Mato Grosso (latitude de 11°51'43" e longitude de -55°36'45"), com altitude média de 370 m. O clima segundo classificação de Köppen (KÖPPEN; GEIGER, 1928) é tropical quente e úmido, com inverno seco (Awa), com temperatura média anual de 25 °C e pluviosidade de 2.250 mm ao ano. O solo da região foi classificado como Latossolo vermelho amarelo distrófico.

O experimento foi instalado em condições de sequeiro com semeadura realizada no dia 10 de março de 2012 e desbaste de plantas realizado 15 dias após a emergência das plântulas, deixando uma população de 180.000 plantas por hectare. O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso com duas repetições. Cada parcela foi composta por 2 linhas com 5 m de comprimento e espaçamento de 0,50 m entre linhas. As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas com base nas análises de solo e os tratamentos culturais e fitossanitários ocorreram de acordo com a necessidade da cultura.

Foram avaliados 69 híbridos de sorgo granífero provenientes do Programa de Melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e duas testemunhas comerciais (MR43 e DKB550), totalizando 71 tratamentos. Os caracteres avaliados foram: florescimento (FLO): número de dias decorridos do plantio até o ponto em que 50% das plantas da parcela estavam em florescimento; altura de planta (AP): altura média de duas plantas (m) da área útil da parcela, medida da superfície do solo ao ápice da panícula, na época da colheita; acamamento (ACA): contagem do número de plantas acamadas na parcela experimental no momento da colheita; incidência de antracnose (ANT): 0 - planta sadia, 1 - menos de 1% da área foliar afetada, 2 - entre 1 e 5% da área foliar afetada, 3 - entre 6 e 25% da área foliar afetada, 4 - entre 26-50% da área foliar afetada, 5 - mais que 50% da área foliar afetada; *stay green* (SG): 1 - plantas 80 a

100% verdes, 2 - plantas 60 a 80 % verdes, 3 - plantas 40 a 60 % verdes, 4 - 20 a 40 % verdes, 5 - plantas 20 a 0 % verdes; umidade de grãos (UMI): mensurada (%) para uma amostra de grãos de cada parcela colhida; produtividade de grãos (PROD): colhidos os grãos da parcela ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e, subsequentemente, mensurada a umidade dessas, para posterior correção para a umidade de 13%.

Inicialmente, os dados foram submetidos à análise de variância para verificar a significância de cada variável. Foram estimadas as correlações fenotípicas e genotípicas entre os caracteres e realizado diagnóstico da multicolinearidade na matriz de correlações fenotípicas. Posteriormente, as correlações canônicas foram estimadas entre o grupo de variáveis dependentes (florescimento e produtividade de grãos) e independentes (AP, ACA, ANT, SG e UMI). A significância da hipótese de nulidade, em que todas as possíveis correlações canônicas são nulas, foi avaliada utilizando-se o teste qui-quadrado. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) de híbridos para todas as variáveis avaliadas (TABELA 1). Considerando que a existência da variabilidade genética em uma população é fator determinante para qualquer programa de melhoramento (CRUZ et al., 2012), esta população mostra-se, a princípio, promissora para trabalhos de seleção recorrente objetivando a melhoria dos caracteres avaliados. Os coeficientes de variação obtidos estão em conformidade com os valores reportados em outros trabalhos com sorgo granífero (TARDIN et al., 2013) foi verificado que a qualidade experimental para as características avaliadas.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para os caracteres florescimento (FLO), altura de plantas (AP), acamamento (ACA), incidência de antracnose (ANT), *stay green* (SG), umidade (UMI) e produtividade de grãos (PROD) avaliados em 71 híbridos de sorgo granífero cultivados em 2012 em Sinop/MT.

FV	GL	FLO	AP	ACA	ANT	SG	UMI	PROD
Blocos	1	3,54 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1853,09*	0,39 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,99 ^{ns}	149759,44 ^{ns}
Híbridos	70	22,73*	0,09*	1053,62*	2,73*	2,28*	51,95*	2361750,89*
Resíduo	70	2,91	0,01	287,40	0,55	0,44	10,94	574708,42
Média		59,70	1,56	20,55	3,62	2,79	16,18	2402,05
CV (%)		2,86	7,31	12,51	20,48	23,86	20,44	31,56

^{ns} e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente;: coeficiente de variação experimental.

A média de florescimento mostrou que os híbridos são considerados precoces para o local avaliado. A precocidade dos híbridos é importante, pois permite a menor exposição da cultura a um ambiente sujeito ao estresse hídrico, como na safrinha. A média da altura de plantas foi considerada satisfatória, pois é importante que híbridos de sorgo granífero apresentem altura entre 1 m a 1,5 m, para facilitar a colheita mecanizada. Os híbridos apresentaram produtividade média de grãos acima da média brasileira, que atualmente é estimada em 2.085 kg ha^{-1} para a safra 2015/2016 (CONAB, 2016).

Houve correlações fenotípicas positivas e significativas entre os caracteres AP x UMI e ANT x SG e negativas e significativas entre ANT x UMI, ANT x PROD, SG x UMI e SG x PROD (TABELA 2). As correlações fenotípicas entre dois caracteres podem ser de origem genotípica ou ambiental, no entanto, somente as genotípicas podem ser exploradas pelo melhoramento. As correlações genotípicas tiveram valores superiores e mesmo sinal, na maior parte dos casos, o que reflete maior contribuição dos fatores genéticos em relação aos ambientais para a expressão destes caracteres.

Tabela 2 – Correlações fenotípicas (diagonal superior) e genotípicas (diagonal inferior) entre os caracteres florescimento (FLO), altura de plantas (AP), acamamento (ACA), incidência de antracnose (ANT), *stay green* (SG), umidade (UMI) e produtividade de grãos (PROD) avaliados em 71 híbridos de sorgo granífero cultivados em 2012 em Sinop/MT.

Caráter	FLO	AP	ACA	ANT	SG	UMI	PROD
FLO		-0.2736	-0.4858	-0.2451	-0.1802	0.1489	0.1720
AP	-0.3009		-0.0072	-0.3460	-0.4714	0.6047*	0.2578
ACA	-0.5893	-0.0575		0.4994	0.4749	-0.2645	-0.4269
ANT	-0.2685	-0.4374	0.6158		0.8858*	-0.6628*	-0.6961*
SG	-0.1966	-0.5793	0.5537	0.9819*		-0.6995*	-0.6769*
UMI	0.1632	0.6997*	-0.3104	-0.7870*	-0.8693*		0.4090
PROD	0.1713	0.3367	-0.5774	-0.8407*	-0.8281*	0.5152	

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste t com 69 graus de liberdade.

Cruz et al. (2012) destacam como causa principal da correlação genética a pleiotropia ou de desequilíbrio de ligação gênica. Deste modo, se dois caracteres apresentam correlação genética favorável é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro associado. Segundo esses autores, a seleção indireta de um caráter com alta herdabilidade baseado na resposta correlacionada, pode levar a progressos mais rápidos que a seleção direta do caráter desejado.

Portanto, é interessante destacar que a seleção de híbridos mais produtivos irá acarretar em diminuição dos caracteres ANT e SG. Por outro lado, caso selecione-se híbridos mais precoces não irá ocorrer alterações significativas nos demais caracteres, pois este caráter não se correlacionou significativamente com nenhum outro. Resultados similares a estes foram reportados por Cunha e Lima (2010), que não observaram associação significativa do florescimento com outros caracteres agrônômicos de sorgo. Por fim, a seleção direta de híbridos com menor porte provoca redução no teor de umidade nos grãos de sorgo no momento da colheita. Isto é interessante uma vez que reduz a susceptibilidade ao acamamento, além de promover rápida perda de água pelos grãos de sorgo.

As duas correlações canônicas e seus respectivos pares canônicos foram significativos ($p \leq 0,01$) pelo teste qui-quadrado (TABELA 3). A magnitude das correlações canônicas pode ser considerada alta e indica efeito das variáveis independentes sobre o florescimento e produtividade de grãos. É importante mencionar que na literatura até o presente momento inexistem relatos da utilização desta técnica com fins de melhoramento na cultura do sorgo.

Tabela 3 – Correlações canônicas (r) e pares canônicos entre as variáveis dependentes e independentes avaliados em 71 híbridos de sorgo granífero cultivados em 2012 em Sinop/MT.

Variáveis	Pares Canônicos	
	1°	2°
Dependentes		
Florescimento	0,3800	0,9429
Produtividade de grãos	0,8642	-0,5325
Independentes		
Altura de Plantas	-0,1735	0,8462
Acamamento	-0,3104	-0,62131
Incidência de Antracnose	-0,5560	0,4182
<i>Stay Green</i>	-0,34311	0,4085
Umidade dos grãos	-0,0363	0,7707
r	0,7452**	0,5544**
G.L	10	4

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste qui-quadrado.

De acordo com o primeiro par canônico, menores notas para antracnose e acamamento contribuem para o aumento da produtividade de grãos. A antracnose é considerada a doença mais importante da cultura do sorgo no Brasil pelas perdas ocasionadas na produção de grãos, estando presente em, praticamente, todas as áreas de plantio do país. Reduções superiores a 80% na produção de grãos têm sido constatadas em genótipos suscetíveis, em anos e locais favoráveis ao desenvolvimento e à disseminação da doença (COTA et al., 2010). Portanto, a seleção de híbridos de sorgo tolerantes ou resistentes a antracnose e ao acamamento, pode ser uma estratégia promissora para os programas de melhoramento genético visando aumento da produtividade de grãos nesta cultura.

O segundo par canônico relacionou híbridos com maior porte e alto teor de umidade nos grãos com os híbridos com maior ciclo. A precocidade dos híbridos é uma das principais características de interesse dos agricultores, pois o sorgo é cultivado predominantemente na segunda safra no Brasil e está sujeito às condições adversas como falta de precipitação e baixas temperaturas. Portanto, programas de melhoramento que buscam selecionar híbridos mais precoces, podem fazê-la, indiretamente por meio da seleção de híbridos de sorgo com menor teor de umidade nos grãos na colheita e menor porte. Esses resultados são importantes para direcionar os programas de melhoramento de sorgo granífero, pois o florescimento é um caráter que está sujeito a altas variações ambientais.

4 CONCLUSÕES

A seleção de genótipos mais resistentes e/ou tolerantes a antracnose contribui para o aumento na produtividade do sorgo granífero.

Genótipos de sorgo mais precoces podem ser selecionados a partir da seleção indireta de genótipos com menor porte e teor de umidade nos grãos no momento da colheita.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; RODRIGUES, J. A. S., BRANT, R. S.; MENDES, M. C. Espaçamento e densidade de sementeira para cultivares de sorgo granífero no semiárido. *Bragantia*, São Paulo, v. 70, p. 278-285, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a Agropecuária - Safra 2014/2015**. Brasília, v.2, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 30/08/2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a Agropecuária - Safra 2015/2016**. Brasília, v.3, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 23/09/2016.

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; CASELA, C. R. **Cultivo do Sorgo: Sistemas de Produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 20 p.

CUNHA, E. E.; LIMA, J. M. P. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p.701-706, 2010.

CRUZ, C. D.; GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n.3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicado ao Melhoramento Genético**. 4. Ed. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.

FONTES, M. M; SILVA, B. A.; DANTAS, J. P.; SILVEIRA, D. C.; CAVALCANTI, M. T. Caracterização físico-química do melado de sorgo granífero sacarino [*Sorghum bicolor* (L) Moench]. **Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil)**, v.6, n.1, p. 216-219, 2011.

GOES, R. J.; RODRIGUES, F. A. R.; ARF, O.; ARRUDA, O. G.; VILELA, R. G. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.10, n.2, p. 121-129, 2011.

MAGALHÃES, R. T.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S.; FONSECA, J. F. Produção e composição bromatológica de vinte e cinco genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arq.Bras.Med. Vet Zoo**, v, 62, p.747-751, 2010.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B. de; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura= Path analysis and correlations among traits in soybean grown in two dates sowing. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, 2012.

PROTÁSIO, T. P.; TONOLI, G. H. D.; JÚNIOR, M. G.; BUFALINO, L.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F. Correlações canônicas entre as características químicas e energéticas de resíduos lignocelulósicos. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 433-439, 2012.

SILVA, A. G.; BARROS, A. S.; SILVA, L. H. C. P.; MORAES, E. B.; PIRES, R.; TEIXEIRA, I. R. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 168-174, 2009.

TARDIN, F. D.; ALMEIDA FILHO, J. E.; OLIVEIRA, C. M.; LEITE, C. E. P.; MENEZES, C. B.; MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.2, p. 102-117, 2013.

Recebido para publicação: 15 de julho de 2016

Aprovado:28 de agosto de 2016.