

Seleção de cultivares de sorgo granífero para características que promovam a saúde humana⁽¹⁾

Luana Teodoro da Silva⁽²⁾, Karla Jorge da Silva⁽³⁾, Cícero Beserra de Menezes⁽⁴⁾, Valéria Aparecida Vieira Queiroz⁽⁵⁾ e Robert Eugene Schaffert⁽⁴⁾

⁽¹⁾Trabalho financiado pelo CNPq. ⁽²⁾ Estudante do Curso de Agronomia da Universidade Federal de São João del-Rei, Bolsista PIBIC do Convênio CNPq/Embrapa. ⁽³⁾ Doutora em genética e melhoramento de planta pela Universidade Federal de Viçosa. ⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. ⁽⁵⁾ Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo

Resumo - No Brasil, o sorgo é usado quase que em sua totalidade para alimentação animal, mas o mercado para alimentação humana possui grande potencial de crescimento. Os grãos de sorgo são isentos de glúten e possuem sabor suave e uma variedade de compostos bioativos, como antocianinas, ácidos fenólicos, antioxidante, entre outros, os quais podem contribuir para promoção da saúde humana. Nesse sentido, a Embrapa Milho e Sorgo vem desenvolvendo uma linha de pesquisa visando avaliar e identificar genótipos de sorgo superiores nessas características, para uso na alimentação humana, sendo esse o objetivo desse trabalho. Foram avaliados 50 híbridos de sorgo granífero, 46 em fase experimental e quatro testemunhas (BRS 305, SC 319, SC 105 e A9104). Observou-se efeito significativo para a fonte de variação genótipos para todas as características avaliadas, demonstrando suficiente variabilidade entre eles. Quanto às estimativas da herdabilidade, que mostra o quanto da variação total se deve a efeitos genotípicos, observaram-se valores de alta magnitude (>97%) para todas as características. Os híbridos de sorgo 1831053, 1831061 e 1831019 possuem altos teores de tanino, fenóis totais e atividade antioxidante, podendo ser utilizados para produção de alimentos funcionais para alimentação humana.

Termos para indexação: compostos fenólicos, capacidade antioxidante, alimentos sem glúten, alimentos funcionais.

Selection of grain sorghum cultivars for traits that promote human health⁽¹⁾

Abstract - In Brazil, sorghum is used almost entirely for animal feed, but the human food market has great potential for growth. Sorghum grains are gluten-free and have a mild flavor and a variety of bioactive compounds, such as anthocyanins, phenolic acids, antioxidants, among others, which can contribute to promoting human health. In this sense, Embrapa Maize and Sorghum has been developing a line of research aimed at

evaluating and identifying sorghum genotypes superior in these characteristics, for use in human food, which is the objective of this study. Fifty grain sorghum hybrids were evaluated, 46 in the experimental phase and four controls (BRS 305, SC 319, SC 105 and A9104). A significant effect was observed for the source of variation genotypes for all the evaluated characteristics, demonstrating sufficient variability among them. Regarding heritability estimates, which show how much of the total variation is due to genotypic effects, high magnitude values (>97%) were observed for all characteristics. Sorghum hybrids 1831053, 1831061 and 1831019 have high levels of tannin, total phenols and antioxidant activity, and can be used for the production of functional foods for human consumption.

Index terms: phenolic compounds, antioxidant capacity, gluten-free foods, functional foods.

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é o quinto cereal mais importante do mundo, superado apenas por trigo, arroz, milho e cevada. O sorgo grão como alimento humano tem crescido, por não possuir glúten. Por isso, é totalmente seguro para pessoas celíacas, possui sabor neutro, uma grande vantagem na indústria de alimentos, e apresenta uma variedade de compostos bioativos, como antocianinas, ácidos fenólicos, antioxidante, entre outros (Awika et al., 2009).

Muitos desses compostos são capazes de eliminar radicais livres e modular várias vias de sinalização relevantes para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como obesidade e inflamação, câncer, doenças cardiovasculares e diabetes (Yang et al., 2012; Girard; Awika, 2018).

Resultados de pesquisas realizadas no Brasil mostraram elevada aceitação de produtos elaborados com farinha de sorgo, comprovando, dessa forma, grande potencial do cereal para uso na alimentação humana no País. O sorgo possui grande potencial não só para ser utilizado como ingrediente na produção de alimentos sem glúten, mas também na produção de alimentos funcionais.

No Brasil, o sorgo é usado quase que em sua totalidade para alimentação animal, mas o mercado de alimentação humana possui grande potencial de crescimento, podendo o grão substituir o trigo em várias receitas. A Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu uma linha de pesquisa com o objetivo de identificar e avaliar genótipos de sorgo que pudessem atender a esse mercado. Dentre as características avaliadas estão a atividade antioxidante e os fenóis totais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar híbridos de sorgo quanto a essas características, buscando selecionar híbridos potenciais para o mercado nacional.

Material e métodos

Foram avaliados 50 híbridos de sorgo granífero, 46 em fase experimental da Embrapa e quatro testemunhas (BRS 305, SC 319, SC 105 e A9104). BRS 305 e A9104 são híbridos e possuem tanino. Já SC 319 e SC 105 são linhagens que se destacaram em análises anteriores com altos teores de fenóis totais. Os genótipos foram plantados na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, onde foram avaliados para rendimento de grãos.

Após colhidos, os grãos inteiros de sorgo foram encaminhados ao laboratório, para obtenção da farinha de sorgo integral, com partículas de 0,5 mm. Posteriormente, a farinha foi armazenada em sacos plásticos de polietileno sob refrigeração (1 ± 4 °C) até o uso.

O extrato fenólico utilizado na análise de antocianinas totais, os compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante foram obtidos conforme metodologia descrita por Singleton et al. (1999), com modificações: 0,25 g das amostras foi extraído em 25 mL de 1% HCl /metanol (v/v) por duas horas em um shaker (Nova Ethics, 109).

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu (Kaluza et al., 1980), e os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico/g de amostra (EAG eq/g).

Os teores totais de antocianinas foram obtidos de acordo com a metodologia de Fuleki e Francis (1968), com modificações (Barbosa et al., 2021). A absorbância das amostras foi lida a 480 nm em um espectrofotômetro (Instrutherm® Modelo UV-2000 A), e as concentrações de antocianina foram calculadas com base na absorbância da luteolinidina (480 nm) utilizando a equação $C \text{ (mol/L)} = A/\epsilon$, em que C é a concentração da amostra, A é a absorbância e ϵ é o coeficiente de extinção molar da luteolinidina, que é 29,157 (Njongmeta, 2009). Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de luteolinidina (EL)/g de amostra.

A capacidade antioxidante foi determinada de acordo com Awika et al. (2003) utilizando o reagente 2,2' – azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS+) e os resultados foram expressos em μ mol de Trolox /g de amostra. Avaliou-se os taninos condensados pelo método vanilina- HCl descrito por Price et al. (1978) e os resultados demonstrados em mg de equivalentes de catequina (EC)/g de amostra.

Resultados e discussão

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para a fonte de variação genótipos para todas as características avaliadas (Tabela 1), denotando existir suficiente variabilidade entre os genótipos de sorgo.

O coeficiente de variação ficou abaixo de 20%, ressaltando a qualidade experimental satisfatória para o teste. Quanto às estimativas da herdabilidade, que mostra o quanto da variação total se deve a efeitos genotípicos, observaram-se valores de alta magnitude ($>97\%$) para todas as características.

Tabela 1. Resumo da análise de taninos (TAN), fenólicos totais (FEN), atividade antioxidante (AA), antocianinas totais (ANT) de 50 genótipos, em Sete Lagoas, MG

FV	GL	QM			
		TAN*	FEN	AA	ANT
		mg EC/g	mg EAG/g	μMol TE /g	μg EL/g
Blocos	2	261,91	55,98	11.114,53	512,87
Genótipos	49	1.042,35 **	125,15 **	31.414,06 **	5.313,14 **
Erro	98	21,62	2,87	758,84	97,56
Média		52,58	19,27	321,10	59,25
CV (%)		8,84	8,80	8,58	16,67
h ² (%)		97,93	97,70	97,58	98,16

* Taninos (TAN); fenólicos totais (FEN); atividade antioxidante (AA); antocianinas totais (ANT). CV: coeficiente de variação. ** Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Dentre os materiais avaliados, seis híbridos (1831019, 1831027, 1831037, 1831053, 1831061 e 1920010) apresentaram teores de taninos superiores a BRS 305 e SC319 (testemunhas para tanino), e todos apresentaram compostos fenólicos totais superiores ao BRS 305. A linhagem SC319 comprovou seus altos teores de tanino e fenóis totais, devendo ser inserida no programa de melhoramento para cruzamentos com linhagens-elites.

Considerando os materiais avaliados, taninos (TAN) e fenólicos totais (TP), os genótipos 1831061, 1831019 e 1831053 tiveram comportamento semelhante e foram os que mais se aproximaram da testemunha SC319.

Os genótipos CMSXS 180R, BRS 330, BRS 373, BRS 3318, BRS 310 foram classificados como de baixo teor de taninos, fenólicos totais e atividade antioxidante.

Para a característica atividade antioxidante (AA), a testemunha SC 319, apresentou os maiores valores (518,2 μ Mol TE/g), já entre os híbridos, o 1831053 obteve valor superior entre os materiais experimentais, com 448,0 μ Mol TE /g. Este híbrido está no grupo de maiores teores de taninos e fenóis totais. Os outros dois híbridos com altos teores de taninos e fenóis totais (1831061 e 1831019) obtiveram atividade antioxidante menores que o 1831053, mas similares ao BRS 305.

Os híbridos 1831057, 1831035, 1831023, 1831039 e 1831041 apresentaram as maiores concentrações de antocianinas totais, com teores bem superiores a BRS 305 e SC 319 (Tabela 2).

Os genótipos que se destacaram para altos teores de tanino, fenóis totais e atividade antioxidantes apresentaram baixa antocianina, devendo a seleção ser distinta para essa característica. Os trabalhos realizados com antocianina buscam diferenciar o grão de sorgo para alimentação humana (grão mais escuro) do grão de sorgo para alimentação animal (grão vermelho), mas os resultados de pesquisa mostram que nem sempre o grão mais escuro vai possuir mais antocianina. A seleção de sorgo com altos teores de antocianina deverá continuar, mas com objetivo de atender ao mercado de corantes naturais.

Tabela 2. Médias para as características taninos (TAN, mg EC/g), fenólicos totais (FEN, mg EAG/g), atividade antioxidante (AA, μ Mol TE /g), antocianinas totais (ANT, μ g LE/g), em Sete Lagoas, MG.

Híbridos	Tanino	FEN	AA	ANT
1831001	53,2 c	21,08 d	309,7 d	67,9 e
1831003	55,1 c	18,59 e	330,7 d	58 e
1920007	61 b	24,97 b	351,6 c	81,5 d
1831007	52,6 c	17,91 e	295,8 d	102,3 c
1831009	51,2 c	20,29 d	365,3 c	93,8 c
1831011	62,7 b	22,16 c	349,1 c	20,8 g
1831013	60,9 b	21,81 c	351,1 c	37,2 f
1831015	62,6 b	18h37 e	318,8 d	64,6 e
1920008	64,1 b	24,49 b	368,1 c	71,1 d
1831019	68,8 a	24,61 b	348,5 c	54,5 e
1831021	60,1 b	20,66 d	362,2 c	27,9 g
1831023	49 d	18,87 e	318,3 d	139,4 b
1831025	60,3 b	21,69 c	350,8 c	37,8 f
1831027	66 a	22,82 c	368,4 c	76,7 d
1831029	60,1 b	22,09 c	348,1 c	24,2 g
1831031	56,7 c	22,92 c	360,9 c	11,1 g
BRS 310	1,5 f	2,69 g	46,7 e	75,2 d
1831035	48,5 d	16,31 f	277 d	181,5 a
1831037	74,4 a	22,9 c	365,9 c	107,6 c
1831039	54 c	19,95 d	325,1 d	128,1 b
1831041	51,8 c	19,15 d	283,7 d	127,3 b
BRS 330	0,7 f	1,66 g	42 e	46,8 f
1831045	53,6 c	18,07 e	354 c	22,8 g
1831047	55 c	19,52 d	374 c	52,4 e
1831049	61,4 b	22,3 c	365,5 c	15,6 g
1831051	48,1 d	19,75 d	300,9 d	94,4 c
1831053	72,9 a	26,96 b	448 b	42,2 f
1831055	58,3 b	20,26 d	376,5 c	11,6 g
1831057	58,1 b	18,28 e	340,8 c	166,1 a
1831059	51,8 c	20,54 d	359,7 c	42,3 f
1831061	66,1 a	25,09 b	337,8 c	40,2 f
1831063	58,2 b	23,75 c	376,5 c	12,9 g
1831065	63,5 b	21,92 c	380,2 c	44,3 f
1920010	68,1 a	21,69 c	379,7 c	54,5 e
1920011	62,2 b	21,66 c	363,1 c	96,6 c
1831071	51,8 c	21,64 c	362,4 c	20,9 g
1831073	56,6 c	20,91 d	353 c	17 g
1831075	58,1 b	20,75 d	336 c	20,1 g
1831077	56,1 c	20,33 d	344,4 c	36,5 f
1831079	64,1 b	21,6 c	407,3 c	19,4 g
1831081	58,8 b	23,95 c	360,8 c	41,6 f
1831083	62,3 b	22,65 c	403,1 c	75,4 d
CMSXS 180R	0,6 f	1,01 g	38,9 e	9,3 g
BRS 305	64,6 b	19,4 d	346,6 c	65,4 e
BRS 3318	1,4 f	1,06 g	41 e	75,5 d
BRS 373	1,4 f	2,15 g	43,2 e	26,5 g
1167048	50 c	18,49 e	353,1 c	9,7 g
SC 319	66,2 a	29,82 a	518,2 a	72,8 d
SC 105	46,3 d	18,95 e	293,7 d	20,4 g
A 1904	38,1 e	15,07 f	259,2 d	120,9 b

Médias seguidas pelas mesmas letras constituem um grupo estatisticamente homogêneo pelo agrupamento de Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

Conclusão

Os híbridos de sorgo 1831053, 1831061 e 1831019 possuem altos teores de tanino, fenóis totais e atividade antioxidante, podendo ser trabalhos para confecção de produtos funcionais para alimentação humana.

Referências

- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WU, X.; PRIOR, R. L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 23, p. 6657- 6662, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf034790i>.
- AWIKA, J. M.; YANG, L.; BROWNING, J. D.; FARAJ, A. Comparative antioxidant. antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 6, p. 1041-1046, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.003>.
- BARBOSA, M. P.; RIGOLON, T. B.; BORGES, L. R.; QUEIROZ, V. V.; STRINGHETA, P. C.; BARROS, F.R. Effect of light, food additives and heat on the stability of sorghum 3-deoxyanthocyanins in model beverages. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 9, p. 4746-4755, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.15123>.
- FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. **Journal of Food Science**, v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1968.tb00887.x>.
- GIRARD, A. L.; AWIKA, J. M. Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients. **Journal of Cereal Science**, v. 84, p. 112-124, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.10.009>.
- KALUZA, W. Z.; MCGRATH, R. M.; ROBERTS, T. C.; SCHRÖDER, H. H. Separation of phenolics of *Sorghum bicolor* (L.) Moench grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 1191-1196, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60232a039>.
- NJONGMETA, N. L. A. **Extractability profiling and antioxidant activity of flavonoids in sorghum grain and non-grain materials**. 2009. 213 f. Tese (Doutorado) - Texas A&M University, College Station, 2009.
- PRICE, M. L.; SCOYOC, A. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M.; LESTER, P. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In: PACKER, L. (ed.). **Oxidants and antioxidants: part A**. New York: Academic Press, 1999. p. 152-178. (Methods in Enzymology, v. 299).
- YANG, L.; ALLRED, K. F.; GEERA, B.; ALLRED, C. D.; AWIKA, J. M. Sorghum phenolics demonstrate estrogenic action and induce apoptosis in nonmalignant colonocytes. **Nutrition and Cancer**, v. 64, n. 3, p. 419-427, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01635581.2012.657333>.