

SELECTION OF CARIOCA COMMON BEAN ELITE LINES FOR AGRONOMIC AND NUTRITIONAL TRAITS

Saulo M. Muniz¹; Helton S. Pereira^{2*}; Leonardo C. Melo^{3**}; Felipe J. Almeida⁴, Thiago L. P. O. Souza⁵, Luís C. Faria⁶; Adriane Wendland⁷; Fernanda C. Silva⁸; Priscila Z. Bassinelo⁹

Introdução. O feijoeiro-comum, ao lado do arroz, destaca-se por ser um dos principais alimentos consumidos pelos brasileiros. Devido à variabilidade da espécie é possível observar diversos grupos comerciais que atendem as diferentes demandas regionalizadas, porém, o tipo privilegiado e predominante é o carioca, que atende 70% dos brasileiros (CTSBF, 2010). O feijão destaca-se pelo aspecto nutricional, o que envolve em sua composição: proteínas, fibras, vitaminas e microminerais, desse último, a ênfase pode ser dada ao ferro e o zinco que são micronutrientes cruciais no funcionamento do corpo humano. É reconhecida a deficiência desses nutrientes a nível mundial nos seres humanos, principalmente em famílias carentes que não tem acesso à proteína animal como carne e produtos lácteos (FAO, 2012). Elevar os níveis desses nutrientes em alimentos que compõem a alimentação das pessoas torna-se uma alternativa válida para atenuar e até mesmo prevenir a desnutrição no Brasil e no mundo. Essa estratégia ficou conhecida como biofortificação, sendo o acréscimo de nutrientes nas partes comestíveis das plantas via processo de seleção (White e Broadley, 2005). Para execução dessa estratégia é necessário que haja variabilidade genética entre as linhagens submetidas à avaliação. Essa variabilidade tem sido relatada em acessos de banco de germoplasma (Buratto, 2012). A prospecção de materiais promissores pode ser vantajosa quando se utiliza linhagens elite ao invés de linhagens pouco adaptadas, o que representa aceleração do processo, visto que esses materiais têm agregado diversos fenótipos de interesse. O grande desafio é identificar e aliar esses novos caracteres que conferem melhor qualidade nutricional aos caracteres de importância agrônômica, principalmente produtividade, isto é, ganhos simultâneos para ambos os caracteres, para que o produtor futuramente adote a cultivar biofortificada. Além disso, é importante conhecer qual o tipo de associação existente entre esses caracteres, visto que, esse fenômeno implica na seleção conjunta dos caracteres. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivos selecionar linhagens elites de feijoeiro-comum carioca que agregue simultaneamente alta produtividade, altos teores de ferro e de zinco nos grãos; e estudar a correlação entre esses caracteres.

Material e métodos. Foi realizado um experimento em Santo Antônio de Goiás/GO, no inverno de 2011, composto por linhagens de grão carioca, sendo: 63 linhagens elite e cinco testemunhas (Pérola, BRS Cometa, BRS Estilo, IAC Alvorada e BRS Notável). O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Os caracteres avaliados foram produção de grãos (Prod, em kg ha⁻¹), teor de ferro no grão (TFe, em mg/kg) e teor de zinco no grão (TZn, em mg/kg). As parcelas foram constituídas por duas linhas com quatro metros de comprimento, espaçamento entre linhas de 45 cm e 15 sementes por metro. De cada parcela de duas repetições foram retiradas amostras para determinação do TFe e do TZn. A análise foi feita em triplicata por digestão ácida da matéria orgânica (com mistura nitro-perclórica 2:1), conforme técnica de

¹ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UFG/Goiânia. Bolsista da CAPES. E-mail: munizsaulo1990@hotmail.com

² Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, GO. E-mail: helton.pereira@embrapa.br *(Orientador)

³ Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, GO. E-mail: leonardo.melo@embrapa.br **(Coorientador)

⁴ Graduando em Agronomia – UFG/Goiânia. Bolsista da iniciação científica CNPq/Embrapa. E-mail: felipejunioufg@gmail.com

⁵ Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: thiago.souza@embrapa.br

⁶ Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: luis.faria@embrapa.br

⁷ Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: adriane.wendland@embrapa.br

⁸ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas – UFG/Goiânia. Bolsista do CNPq. E-mail: nandadecassiasl@hotmail.com

⁹ Eng. Agrôn., Dra., Pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, GO. E-mail: priscila.bassinelo@embrapa.br

espectrofotometria de absorção atômica por chama adaptada da Association of Official Analytical Chemists (1995). Os dados de produtividade, TFe e TZn foram submetidos à análise de variância individual e foi estimada a acurácia seletiva (Rezende e Duarte, 2007) para verificação da precisão experimental dos ensaios. Foi estimada a correlação de Pearson e o coeficiente de determinação entre os caracteres fenotípicos avaliados, para elucidar as associações. Para avaliar a magnitude das correlações obtidas optou-se pela classificação proposta por Shimakura e Ribeiro Junior (2006) com as seguintes classes: 0,0 a 0,19 – muito fraca; de 0,20 a 0,39 – fraca; de 0,40 a 0,69 – moderada; de 0,70 a 0,89 – forte; e de 0,90 a 1,00 – muito forte. Para a seleção das melhores linhagens foi utilizado o teste de agrupamento de médias por Skott Knott, a 10 % de probabilidade e o índice de seleção proposto por Mulamba e Mock (1978). Esse índice não paramétrico hierarquiza as linhagens, inicialmente, para cada característica, por meio da atribuição de valores absolutos àqueles de melhor desempenho. Por fim, os valores atribuídos a cada característica são somados, obtendo-se a soma dos “ranks”, que assinala a classificação das linhagens, ou seja, quanto menor for à soma, melhor é o desempenho de uma linhagem em relação às várias características, resultando numa medida adicional.

Resultados e discussão. Quanto menor for o coeficiente de variação experimental (CV), maior é a precisão do experimento, o que reflete inferências confiáveis. Sendo assim, verificou-se CV baixo para TZn e médio para Prod e TFe, conforme classificação de Pimentel-Gomes (2000). Confirmando a boa precisão experimental, a acurácia seletiva foi moderada para TZn e alta para produtividade e TFe (Rezende e Duarte, 2007). Para os três caracteres houve diferença significativa entre as linhagens, a 1% para Prod e TFe, e a 5% para TZn, o que demonstra a presença de pelo menos um contraste diferente de zero, refletindo também a variabilidade genética entre as linhagens para os três caracteres (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das análises de variância das 68 linhagens elite de feijoeiro-comum tipo carioca, para os caracteres produção de grãos em kg/ha (Prod), teor de ferro no grão em mg/kg (TFe) e teor de zinco no grão em mg/kg (TZn).

Caracteres	QMg	QMe	F	Média	CV(%) ¹	AS ²
Prod	497131,00	179044,00	2,78**	2728,00	15,51	0,80
TFe	95,05	45,02	2,11**	58,74	11,42	0,73
TZn	12,74	7,43	1,72**	29,21	9,33	0,65

¹CV: coeficiente de variação; ²AS: acurácia seletiva (AS); ns, * e **: teste F não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente.

O Índice de seleção possibilitou ordenar as melhores linhagens com base na soma dos Ranks. Dentre as sete melhores, cinco são linhagens e duas são cultivares (PÉROLA e BRS ESTILO). As três primeiras colocações foram ocupadas por linhagens (CNFC 15833, CNFC 15839 e CNFC 15812), demonstrando o potencial dessas linhagens em aliar a qualidade nutricional e agrônômica. Nota-se que as sete linhagens selecionadas tiveram média superior a media geral para TFe, TZn e Prod (Com exceção da linhagem CNFC 15865 para Prod), o que denota a eficiência do índice de seleção (Tabela 2). O teste de agrupamento de médias Skott Knott, definiu dois grupos para Prod e TFe, sendo que as sete melhores ranqueadas com base no índice de seleção, ocuparam o grupo das melhores com base no teste de médias (exceção CNFC 15865 para Prod), ou seja, a seleção baseada no índice de seleção foi coerente com o teste de agrupamento de médias. Para TZn, as médias não diferiram, pelo teste Skott Knott. Esse resultado é atribuído a menor variabilidade para o caráter TZn.

Tabela 2. Médias das sete melhores e sete piores linhagens de feijoeiro-comum, com base no índice Mulamba-Mock, envolvendo três caracteres: Produção de grãos em kg/ha (Prod), Teor de ferro no grão em mg/kg (TFe) e Teor de zinco no grão em mg/kg (TZn).

[Digite aqui]

Ordem	Linhagem	Prod	TFe	TZn	Soma de Ranks
1	CNFC 15833	3197 a	73,80 a	33,25 a	18
2	CNFC 15839	2938 a	74,30 a	33,85 a	31
3	CNFC 15812	3466 a	60,85 a	33,10 a	36
4	Pérola	3107 a	66,25 a	29,70 a	49
5	CNFC 15713	3077 a	65,40 a	29,90 a	51
6	BRS Estilo	3383 a	64,55 a	29,30 a	53
7	CNFC 15865	2380 b	78,05 a	32,40 a	57
...
62	CNFC 15732	2752 b	50,20 b	27,90 a	142
63	CNFC 15754	2662 b	55,05 b	26,70 a	146
64	CNFC 15727	2265 b	55,50 b	27,05 a	156
65	CNFC 15855	2122 b	54,15 b	27,70 a	163
66	CNFC 15857	2130 b	49,65 b	27,95 a	168
67	CNFC 15712	2229 b	49,55 b	27,25 a	174
68	CNFC 15710	2156 b	48,45 b	26,45 a	188
	Média Geral	2727	58,74	29,21	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott Knott a 10% de probabilidade para os caracteres Prod, TFe e TZn.

Com relação às estimativas de correlações fenotípicas, observou-se não significância entre Prod e TFe, (Tabela 3), porém, entre Prod e TZn, embora negativa e de baixa magnitude, a correlação foi diferente de zero a 5% de probabilidade, indicando uma inversa proporção entre os caracteres. Para os caracteres TFe e TZn houve correlação significativa ($P < 0,01$), positiva e de moderada magnitude. Resultados semelhante foi verificado por Gelin et al., (2007) e Silva et al., (2012). Portanto, à medida que se seleciona linhagens com altos TFe é provável que essas apresentem também altos TZn, podendo haver rotas metabólicas comuns no acúmulo de ambos os minerais no grão. Como consequência das baixas correlações entre Prod e TFe e entre Prod e TZn, o coeficiente de determinação pouco explicou a dependência entre esses caracteres. Contrariamente, a variável TFe explicou 33% do aumento da variável TZn, ressaltando a associação entre esses caracteres (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente de correlações de Pearson entre os caracteres Produção de grãos em kg/ha (Prod), Teor de ferro no grão (TFe) e Teor de zinco no grão (TZn) em mg/kg. Valores abaixo da diagonal representam as correlações e os valores acima representam os coeficientes de determinação em % (R^2).

	Prod	TFe	TZn
Prod	1**	4,80**	6,02
TFe	-0,22 ^{ns}	1**	32,93
TZn	-0,25**	0,57**	1

^{ns}, * e **: teste T não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente.

Conclusão. Existe relação entre os teores de ferro e de zinco nos grãos de feijão. Existe variabilidade para os teores de ferro e zinco nos grãos de feijão em linhagens elite de grão carioca. As linhagens CNFC 15833, CNFC 15839 e CNFC 15812 apresentam elevado valor fenotípico considerando a produção, teor de ferro e teor de zinco nos grãos, simultaneamente, apresentando potencial para serem utilizadas como genitores no programa de melhoramento com objetivo de obter cultivares biofortificadas.

Agradecimentos. À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade de estudo; à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor; à Embrapa Arroz e Feijão, ao CNPq e ao programa Harvest Plus pelo financiamento do trabalho; e ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora para o segundo, terceiro e sétimo autores.

Referências.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS: Metals in plants and pet foods-atomic absorption spectrophotometric method. First action 1975. Final action 1988. AOAC-Official Methods of Analysis, 16th Edition, Vol. I, Chapter 03, p. 03. AOAC International, Arlington. 1997. Gaithersburg – Maryland – U.S.A.

BURATTO, J. S. **Teores de minerais e proteínas em grãos de feijão e estimativas de parâmetros genéticos.** 2012. 147 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

CTSBF. Comissão Técnica Sul-brasileira de Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira 2009.** EPAGRI, Florianópolis, 164p. 2010.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (**FAO**) (2012). ProdSTAT; Consumption; TradeSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/sofi/en/>>. Acesso em: Abril, 2013.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortifying crops with essential mineral elements. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 10, n. 12, p. 586-593, 2005.

GELIN, J. R.; FORSTER, S.; GRAFTON, K. F.; MCCLEAN, P. E.; ROJAS-CIFUENTES, G. A. Analysis of seed zinc and other minerals in a recombinant inbred population of navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Science**, Madison, v. 47, p. 1361-1366, 2007.

MULAMBA, N. N.; MOCK J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, n. 9, p. 40-51, 1978.

PIMENTEL GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 14 ed. São Paulo: Nobel, 2000. 466 p.

REZENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v.37, p.182-194, 2007.

SHIMAKURA, S. E.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. **Estatística.** Universidade de Brasília - UnB. Brasília-DF. 2006.

SILVA, C. A.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Chemical composition as related to seed color of common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 12, n.6, p. 132-137, 2012.