

ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE LINHAGENS ELITE DE FEIJOEIRO-COMUM CARIOCA PARA TEOR DE PROTEÍNA E TEMPO DE COCÇÃO

STABILITY AND ADAPTABILITY OF CARIOCA COMMON BEAN ELITE LINES FOR PROTEIN CONTENT AND COOKING TIME

Fernanda C. Silva¹; Helton S. Pereira^{2**}; Patrícia G. S. Melo^{3*}; Leonardo C. Melo⁴, Luís C. Faria⁵, Thiago L. P. O. Souza⁶, Hélio W. L. Carvalho⁷, Válter M. Almeida⁸, Antônio J. B.P. Bráz⁹, Adriane Wendland¹⁰, Mariana C. S. Magaldi¹¹, Nilda P. Souza¹², José L. C. Díaz¹³, Ikio A. M. Watanabe¹⁴, Fabiana R. Mendonça¹⁵

Introdução. O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais fontes de proteína vegetal consumida no Brasil (Buratto et al., 2009). A média atual de consumo desse grão é de 17 kg per capita/ano (Feijão, 2014), todavia, apesar de sua expressividade, o seu consumo per capita diminuiu nas últimas décadas. Assim, visando atender um mercado consumidor mais exigente, a melhoria das qualidades nutricionais e tecnológicas das cultivares tem sido uma alternativa dos programas de melhoramento do feijoeiro-comum para reverter esse quadro e melhorar a aceitação de novas cultivares no mercado. As qualidades tecnológicas e nutricionais do feijão são determinadas em parte pelo genótipo e influenciadas pelas condições do ambiente durante o desenvolvimento da planta e dos grãos, sendo que estas podem contribuir para a ocorrência da interação genótipos x ambientes (GxA), para tais características (Dalla Corte et al., 2003). Na literatura há evidências de que, além da própria cultivar, o conteúdo proteico dos feijões pode ser influenciado por fatores climáticos, local de cultivo, além da interação GxA (Gomes Júnior et al., 2005; Buratto et al., 2009). De modo similar, observa-se a influência desses efeitos para o tempo de cocção dos grãos (Bordin et al., 2010; Perina et al., 2010). Visando atenuar o efeito da interação GxA e tornar o processo de indicação de cultivares mais seguro, a identificação de cultivares com comportamento previsível e as responsivas à melhoria do ambiente, tem sido uma alternativa muito utilizada. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar linhagens de feijoeiro-comum do grupo carioca com alta adaptabilidade e estabilidade fenotípica para teor de proteína e tempo de cocção dos grãos.

Material e Métodos. Foram instalados ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de feijoeiro-comum em 12 ambientes, nas safras da seca/2011 (Anápolis/GO, Brasília/DF Santo Antônio de Goiás), inverno/2011 (Anápolis/GO), águas/2011 (Rio Verde/GO, Santo Antônio de Goiás/GO, Brasília/DF, Prudentópolis/PR, Araucária/PR, Ponta Grossa/PR), seca/2012 (Santo Antônio de Goiás/GO, Brasília/DF) e águas/2012 (Carira/SE). Os ensaios foram compostos por 13 linhagens (CNFC 15003, CNFC 15010, CNFC 15018, CNFC 15023, CNFC 15025, CNFC 15033, CNFC 15035, CNFC 15038, CNFC 15049, CNFC 15070, CNFC 15082, CNFC 15086, CNFC 15097) e

¹Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas, UFG, Goiânia, Goiás, Brasil. eng.fernanda09@gmail.com;

²Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, Goiás, Brasil. helton.pereira@embrapa.br, ** Co-orientador;

³Docente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. pgsantos@gmail.com, * Orientadora

⁴Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, Goiás, Brasil. leonardo.melo@embrapa.br;

⁵Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, Goiás, Brasil. luis.faria@embrapa.br;

⁶Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, Goiás, Brasil. thiago.souza@embrapa.br;

⁷Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú, Sergipe, Brasil. helio.carvalho@embrapa.br;

⁸Pesquisador, Empaer, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. empaeperd@terra.com.br;

⁹Docente, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil. ajpbraz@ibest.com.br;

¹⁰Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, Goiás, Brasil. adriane.wendland@embrapa.br;

¹¹Analista, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, Goiás, Brasil. mariana.cruzick@embrapa.br;

¹²Analista, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, Goiás, Brasil. nilda.pessoa@embrapa.br;

¹³Analista, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Ant. de Goiás, Goiás, Brasil. jose.diaz@embrapa.br;

¹⁴Graduanda em Agronomia, UFG, Goiânia, Goiás, Brasil. ikioaline@hotmail.com;

¹⁵Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas, UFG, Goiânia, Goiás, Brasil. fr.mendonca@yahoo.com.br.

quatro testemunhas (BRS Estilo, Pérola, CNFC 10429 e CNFC 10762), todas de grãos carioca. Os ensaios foram instalados em blocos casualizados, com três repetições e parcelas constituídas de quatro linhas de 4 metros (Brasil, 2006). Nas duas linhas centrais foram colhidos grãos para avaliação do tempo de cocção, assim como para o teor de proteína. Para o tempo de cocção, os grãos de feijão foram embebidos em água destilada, na proporção de 1:4 (p/v), à temperatura ambiente. Após 16 horas, a água foi eliminada e os grãos colocados no cozedor de Mattson. A metodologia foi adaptada de Proctor e Watts (1987). O tempo médio de queda das 13 primeiras hastes foi considerado como tempo médio de cozimento de cada amostra. As análises de teor de proteína foram realizadas a partir da farinha dos grãos (grãos moídos em moinho de bolas) segundo o método Kjeldahl (AOAC, 1980), utilizando o fator 6,25 para converter o nitrogênio total em proteína bruta. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância individuais, para cada característica. Posteriormente foram realizadas as análises conjuntas, observando-se a homogeneidade das variâncias, por meio da relação 7:1 dos quadrados médios residuais, conforme sugerido por Pimentel-Gomes (2000). As médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott a 10% de probabilidade. A precisão dos experimentos foi estimada por meio da acurácia seletiva (AS), proposta por Rezende e Duarte (2007). Também foram realizadas análises de estabilidade e adaptabilidade segundo o método proposto por Nunes et al. (2005). Para realização das análises estatísticas, foi utilizado o aplicativo SAS (SAS, 2008).

Resultados e Discussão. As análises de variância evidenciaram diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os genótipos para ambos os caracteres avaliados. Na análise conjunta, todos os efeitos foram significativos, o que confirma a presença de variabilidade entre os genótipos e entre os ambientes utilizados. Também foi verificado o comportamento não coincidente dos genótipos nos ambientes avaliados, devido à interação genótipos x ambientes, tanto para teor de proteína, quanto para tempo de cocção dos grãos (Tabela 1), o que justifica um estudo de adaptabilidade e estabilidade. A interação entre genótipos x ambientes para teor de proteína e tempo de cocção é frequentemente relatada na literatura, assim como diferenças no comportamento de genótipos em diferentes locais, anos agrícolas e épocas de semeadura (Dalla Corte et al., 2003; Gomes Júnior et al., 2005; Buratto et al., 2009; Bordin et al., 2010; Perina et al., 2010). Os coeficientes de variação foram de 6,9% e 11,2%, respectivamente, para proteína e tempo de cocção, indicando que a precisão experimental encontra-se dentro do nível adequado, com valores próximos aos encontrados na literatura (Buratto et al., 2009; Perina et al., 2010). A boa precisão experimental foi reforçada pelas estimativas da acurácia seletiva, uma vez que os experimentos apresentaram alta precisão para teor de proteína ($0,7 \leq AS < 0,90$) e muito alta ($AS \geq 0,90$) (Cargnelutti Filho e Storck, 2009) para o tempo de cocção. De maneira geral, observou-se que as linhagens com as maiores médias apresentaram os maiores valores de z_i , indicando, assim, alta relação destas estimativas para todos os caracteres avaliados (Tabela 2). Verificou-se, também, grande diferença na estabilidade das linhagens para os caracteres em estudo, medida pelo coeficiente de variação do z_i (CV_i). Assim, é importante identificar linhagens com altas médias e que sejam estáveis e adaptadas. Para o teor de proteína, as linhagens identificadas como mais adaptadas foram: CNFC 10582 ($z_i = 3,32$) e CNFC 10429 ($z_i = 3,13$). Foi verificada grande diferença de estabilidade entre as linhagens, com estimativas variando de 21,47 a 74,37%. A linhagem mais estável foi CNFC 15049 ($CV_i = 21,47\%$), seguida por CNFC 15018 ($CV_i = 25,11\%$) e CNFC 15033 ($CV_i = 25,49\%$). Observando-se conjuntamente, as estimativas de média, adaptabilidade e estabilidade, destacam-se sete genótipos, sendo estas, CNFC 15082, CNFC 10429, CNFC 15049, CNFC 15097, Pérola, CNFC 15018 e CNFC 15086 (Tabela 2). Para tempo de cocção, as linhagens mais adaptadas foram CNFC 15049 ($z_i = 4,58$), seguida por CNFC 15033 ($z_i = 3,72$) (Tabela 21). As linhagens mais estáveis foram CNFC 15023 ($CV_i = 15,58\%$), CNFC 15086 ($CV_i = 18,51\%$) e BRS Estilo ($CV_i = 18,96\%$). Ressalta-se que entre as oito linhagens com menores índices de tempo de cocção, sete também estiveram entre as mais estáveis. Verificando a média, a adaptabilidade e estabilidade, podem-se destacar três linhagens promissoras para a redução no tempo de cocção dos grãos: CNFC 10429, BRS Estilo e CNFC 15023. Considerando-se as duas

características avaliadas simultaneamente, verifica-se que as linhagens CNFC 10429 e CNFC 15049 conseguiram reunir boas médias, altas adaptabilidades e estabilidades.

Tabela 1. Resumo das análises de variância conjuntas de 12 ensaios com 17 genótipos de feijoeiro-comum tipo carioca, avaliados nos anos de 2011/2012, para teor de proteína e tempo de cocção.

Fonte de variação	Análise Conjunta					
	Teor de Proteína			Tempo de Cocção		
	GL ¹	QM	P-valor	GL	QM	P-valor
Genótipos (G)	16	17,2	0,000	16	124,6	0,000
Ambientes (A)	11	217	0,000	11	1781,5	0,000
G x A	113	3,6	0,023	176	23,4	0,000
Resíduo	119	2,5		192	11,3	
Média		22,78			29,86	
CV (%)		6,89			11,25	
AS (%)		0,89			0,90	

¹ GL da interação e do resíduo ajustados segundo Cochran (1954). AS - acurácia seletiva.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros de estabilidade e adaptabilidade fenotípica de 17 genótipos de feijoeiro-comum avaliados em 12 ambientes, nos anos de 2011 e 2012, pelo método de Nunes (2005), para teor de proteína e tempo de cocção.

Genótipos	Teor de Proteína			Tempo de Cocção		
	Média (%)	z_{ij}	CV _i	Média (min.)	z_{ij}	CV _i
CNFC 15082	24,3 a	3,32	25,77	27,4 a	1,84	19,79
CNFC 10429	24,3 a	3,13	27,35	28,0 a	3,56	21,79
CNFC 15049	23,6 b	2,55	21,47	31,2 b	4,58	23,35
CNFC 15097	23,4 b	2,45	43,95	36,9 c	3,24	36,85
PÉROLA	23,6 b	2,38	41,24	31,8 b	3,29	29,17
CNFC 15018	23,1 b	2,20	25,11	28,7 a	2,96	19,41
CNFC 15086	23,0 b	2,18	42,09	28,7 a	2,71	18,51
BRS ESTILO	22,7 c	1,99	50,31	27,0 a	3,55	18,96
CNFC 15035	22,6 c	1,89	47,53	30,8 b	2,74	30,00
CNFC 15033	22,3 c	1,73	25,49	29,6 b	3,72	19,74
CNFC 15038	22,3 c	1,73	41,04	28,3 a	2,70	19,32
CNFC 15003	22,4 c	1,66	57,28	30,5 b	3,10	22,68
CNFC 15023	22,5 c	1,64	38,94	28,4 a	3,32	15,58
CNFC 15070	22,0 d	1,39	52,89	30,7 b	2,85	21,35
CNFC 15010	21,7 d	1,38	42,10	29,7 b	2,04	35,64
CNFC 15025	22,0 d	1,31	39,23	29,2 a	1,94	31,72
CNFC 10762	21,5 d	1,07	74,37	30,9 b	2,84	22,66

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott, a 10% de probabilidade.

Conclusão. As linhagens CNFC 10429 e CNFC 15049 apresentam alto teor de proteína, baixo tempo de cocção e alta estabilidade e adaptabilidade, o que possibilita atender as exigências de consumidores que almejam por produto com maior qualidade dos grãos.

Agradecimentos. À Capes, pela concessão de bolsa a primeira autora e ao CNPq pelas bolsas de desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora ao segundo, terceiro e quarto autores. A Embrapa Arroz e Feijão e ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa.

[Digite aqui]

Referências.

AOAC-Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13. ed. Washington, D.C.: AOAC, 1980.

BORDIN, L. C.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; ZILIO, M. Diversidade genética para a padronização do tempo e percentual de hidratação preliminar ao teste de cocção de grãos de feijão. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 890-896, 2010.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25, de 23 de maio de 2006. Anexo I. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 16.

BURATTO, J. S.; MODA CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S.; LANGAME, D.E.M.; FONSECA JUNIOR, N. S.; PRETÉ, C. E. C. Variabilidade genética e efeito do ambiente para o teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.593-597, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 17-24, 2007.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Maringá, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.

FEIJÃO: dados conjunturais do feijão - Brasil - 1985 a 2012. Disponível em:<<http://www.cnfap.embrapa.br/socioeconomia/docs/arroz/consumopercapita.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

GOMES JUNIOR, F. G. G.; LIMA, E. R.; LEAL, A. J. F.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.

NUNES, J. A. R, RAMALHO, M. A. P., ABREU, A. F. B (2005) Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, 48: 182-183.

PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; c CARBONELL, S. A. M. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, 2010.

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

PROCTOR, J.R.; WATTS, B.M. Development of a modified Mattson bean cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, Apple Hill, v. 20, n. 1, p. 9-14, 1987.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p.182-194, 2007.

SAS Institute Inc. SAS[®] **Software Version 9.1** Cary, NC: SAS Institute Inc., Cary. 2008.

[Digite aqui]