

Progresso genético em 22 anos de melhoramento do feijoeiro-comum do grupo carioca no Brasil.

Luís Cláudio de Faria¹, Patrícia Guimarães Santos Melo², Leonardo Cunha Melo¹, Helton Santos Pereira¹, Maria José Del Peloso¹, Antônio Joaquim Braga Pereira Brás³, José Aloísio Alves Moreira⁴, Hélio Wilson Lemos de Carvalho⁵, Simone Ferreira Borges⁶, Israel Alexandre Pereira Filho⁴, José Luiz Cabrera Dias¹, Marcelo Calgaro⁷, Adriane Wendland¹, Thiago Lívio Pessoa Oliveira de Souza¹, Larissa França Lima¹.

Resumo

No período de 1984 a 2012 o programa de melhoramento do feijoeiro-comum da Embrapa Arroz e Feijão recomendou 53 novas cultivares, com média de 1,9 cultivar por ano. O objetivo deste trabalho foi obter estimativas do progresso genético médio para produtividade de grãos e outros caracteres agronômicos, no programa de melhoramento genético do feijoeiro-comum do grupo comercial carioca da Embrapa no Brasil. Estas estimativas representam o progresso obtido no período de 22 anos compreendido entre os anos de 1985 e 2006, totalizando 11 ciclos bienais de ensaios finais de avaliação de linhagens. Para a estimação do progresso genético foi utilizado um ensaio composto pelas três melhores linhagens de cada um dos 11 ciclos de avaliação, totalizando 33 tratamentos. Estes ensaios, instalados em 20 ambientes, foram utilizados para estimar o progresso genético para produtividade, qualidade e tamanho de grãos, pois estes foram os critérios de seleção dessas linhagens elites. O delineamento experimental utilizado em todos os ensaios foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os ensaios foram conduzidos nas três épocas de semeadura ('águas', 'seca' e 'outono-inverno'), no período de 2008 a 2010. Os resultados obtidos mostraram eficiência do programa de melhoramento genético do feijoeiro-comum da Embrapa no Brasil, no período de 1985 a 2006. A estimativa de progresso genético para produtividade de grãos foi de 17,3 kg.ha⁻¹ ou 0,72% ao ano. Também houve progresso genético anual para qualidade de grãos (2,4%).

Introdução

O Brasil é um dos maiores países produtores e consumidores de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), tendo ocupado o primeiro lugar em sete dos últimos dez anos. Esse grão é um dos mais importantes constituintes da dieta do brasileiro, por ser reconhecidamente excelente fonte de proteína. O feijoeiro-comum é cultivado no Brasil durante todo o ano por pequenos, médios e grandes produtores, em ecossistemas subtropical e tropical como Cerrados, Mata Atlântica e Semi-Árido, em variados arranjos de plantas, em monocultivo ou consorciado. Em 2011 foram produzidas 2,7 milhões de toneladas de feijão-comum no Brasil, em uma área de 2 milhões de hectares, levando a uma produtividade de 1.354 kg.ha⁻¹ (Feijão, 2013).

Todo programa de melhoramento genético deve, periodicamente, ser submetido à análise crítica com relação ao seu desempenho, buscando metodologias que possam melhorar a sua eficácia. Neste contexto, a estimativa do progresso genético constitui uma das opções utilizadas nessa análise. Diversos autores obtiveram estimativas de ganho genético em programas estaduais de melhoramento do feijoeiro-comum no Brasil, como em Minas Gerais (Matos et al., 2007), em São Paulo (Chiorato et al., 2010), em Santa Catarina (Elias et al., 1999), no Paraná (Fonseca Júnior, 1997) e no Rio Grande do Sul (Ribeiro et al., 2002).

Existem, basicamente, dois tipos de métodos de estimação do progresso genético: o direto e o indireto. No método de estimação do tipo direto, utiliza-se a avaliação de experimentos conduzidos a campo, com repetições, para a comparação de estimativas de produtividade de grãos e características agronômicas, entre genótipos desenvolvidos durante um período pré-determinado de estudo. Nos estudos utilizando essa metodologia a estimativa do progresso é restrita a uma ou a poucas condições ambientais (Matos et al., 2007), o que restringe a abrangência e representatividade dos resultados obtidos. Desta forma, para se conseguir

¹ Embrapa Arroz e Feijão; E-mail: luis.faria@embrapa.br;

² Universidade Federal de Goiás;

³ Fesurv;

⁴ Embrapa Milho e Sorgo;

⁵ Embrapa Tabuleiros Costeiros;

⁶ Emater-GO;

⁷ Embrapa Semi-árido.

estimativas consistentes e representativas com esse tipo de método é necessário se utilizar ampla avaliação experimental, que represente as condições de interação genótipos com ambientes as quais as linhagens são submetidas. Se esta condição for atendida as estimativas geradas pelo método direto são as mais consistentes.

O objetivo deste trabalho foi obter estimativa do progresso genético médio para produtividade de grãos e outros caracteres agrônômicos, para o grupo comercial carioca, no programa de melhoramento de feijoeiro-comum ao nível nacional no Brasil, utilizando o método direto.

Material e Métodos

Para a estimativa do progresso genético e seleção dos genótipos para composição dos ensaios, estabeleceu-se um período de 22 anos, compreendido entre os anos de 1985 e 2006, totalizando 11 ciclos bienais de ensaios finais de avaliação de linhagens. Utilizando-se as informações de produtividade, qualidade e tamanho de grãos disponíveis na base de dados, foram selecionadas as três melhores linhagens de cada ciclo de avaliação para a composição dos ensaios de linhagens. Estes ensaios foram utilizados para estimar o progresso genético para essas características, uma vez que estes foram os critérios adotados para escolher as 33 linhagens que representaram o programa de melhoramento no período avaliado.

As sementes das linhagens foram obtidas no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão, tendo sido multiplicadas na safra de inverno de 2008 em Santo Antônio de Goiás-GO, visando a padronização do poder germinativo das sementes. Os ensaios utilizados foram conduzidos nas quatro principais regiões brasileiras de produção de feijão (Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste), tendo sido semeados nas safras das 'águas', da 'seca' e de 'outono-inverno', totalizando 20 ambientes.

Os ensaios foram conduzidos em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas de duas linhas de quatro metros, com espaçamento de 50 cm entre linhas e com a semeadura de 15 sementes por metro linear. A adubação foi realizada de acordo com a análise do solo visando obter condições ideais de desenvolvimento e produção. O controle de insetos-praga, plantas invasoras e irrigação foram realizados sempre que necessário, segundo as recomendações oficiais para a cultura do feijão.

A colheita foi realizada após a maturação fisiológica. Após o teor de umidade dos grãos atingir 13% as parcelas foram pesadas e em seguida foram contadas 100 sementes de cada parcela em duas repetições. Foi dada nota de qualidade comercial do grão carioca, com as parcelas de uma repetição, variando de 1 a 5, baseada na observação visual e no peso de 100 sementes, de acordo com a escala utilizada por Ramalho et al. (1998).

As análises de variância individuais para produtividade de grãos, em kg.ha⁻¹, foram realizadas utilizando-se o PROC ANOVA do SAS. A Análise de variância conjunta, dentro de cada tipo de avaliação foi realizada pelo PROC MIXED no SAS, considerando todos os fatores como aleatórios, exceto ciclo e bloco dentro do ambiente, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = m + C_n + G_{i(n)} + A_k + B_{j(k)} + CA_{nk} + GA_{i(n)k} + \epsilon_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} é a observação do genótipo i no bloco j dentro do ambiente k ; m é a média geral; C_n é o efeito do ciclo n ; $G_{i(n)}$ é o efeito do genótipo i dentro do ciclo n ; A_k é o efeito do ambiente k , sendo que no ambiente foram incluídos os efeitos de anos, safras e locais; $B_{j(k)}$ é o efeito do bloco j dentro do ambiente k ; CA_{nk} é o efeito da interação do ciclo n com o ambiente k ; $GA_{i(n)k}$ é o efeito da interação do genótipo i dentro do ciclo n com o ambiente k ; ϵ_{ijk} é o erro experimental médio, $N(0, s^2)$.

As estimativas do progresso genético foram obtidas a partir da análise de regressão para os caracteres produtividade de grãos, peso de 100 sementes e qualidade de grãos. As características avaliadas foram consideradas como variável dependente e os ciclos de melhoramento como variável independente. O progresso genético médio anual (PGa), para as três características, foi obtido dividindo-se a taxa de inclinação da regressão (b_1) pelo intercepto (b_0) das regressões, de acordo com seguinte equação: $PGa = (b_1 / b_0 \times 100) / 2$.

Resultados e Discussão

As estimativas do ganho genético (b_1) significativas foram as de produtividade (PROD) e de qualidade de grão (NG) (Tabela 1), indicando que houve progresso genético anual para produtividade (0,72%***) e qualidade de grão (-2,37%***) das linhagens do grupo comercial carioca, no período de 22 anos estudados. Resultado semelhante foi alcançado no programa de melhoramento do feijoeiro-comum no Estado do Rio

Grande do Sul, com 0,9% de progresso genético anual para produtividade de grãos (Ribeiro et al., 2002). Já para o peso de 100 sementes não houve avanço significativo expresso pelas linhagens.

Na Tabela 2 é apresentado um resumo das avaliações dos caracteres agrônômicos no ensaio de linhagens. Observa-se que no primeiro grupo, formado pelas sete linhagens mais produtivas, três são do ciclo 2001/02: CNFC 8075, CNFC 8063 e CNFC 8058, evidenciando a superioridade desse ciclo, que é o antepenúltimo do período estudado. Ainda neste primeiro grupo estão presentes as linhagens CNF 4108, do ciclo 1987/88, que é apenas o segundo ciclo; a CNFC 10429 e CNFC 10431, do ciclo 2005/06, que pertencem ao último ciclo do período estudado; e a CNFC 7827, do ciclo 1999/00, que é o oitavo ciclo.

Destaca-se o excelente desempenho geral médio das três linhagens que representam o último ciclo de avaliação, 2005/06 (Tabela 2) (CNFC 10429, CNFC 10431 e CNFC 10432), que, além da produtividade, apresentaram as menores notas de qualidade de grãos, indicando que atendem à demanda atual de mercado para o grupo comercial carioca, cujo padrão é o grão de cor creme com estrias marrom-claras, fundo claro, sem halo e sem achatamento. Estas linhagens foram, ainda, as que obtiveram as melhores notas de arquitetura e de acamamento entre todas, confirmando que as representantes do último ciclo do período estudado são as de melhor desempenho geral. Observa-se que, em relação à qualidade de grãos (NG), das nove linhagens pertencentes aos três últimos ciclos de avaliação (2001/02, 2003/04 e 2005/06) apenas uma não ficou agrupada nos dois melhores grupos, confirmando o progresso estimado para este caractere.

No segundo grupo formado pelo teste de Scott-Knott destaca-se a presença de: duas das três linhagens do penúltimo ciclo (2003/04), CNFC 9518 e CNFC 9461; uma linhagem representante do último ciclo (2005/06), CNFC 10432; além das outras duas linhagens do oitavo ciclo (1999/00), CNFC 7813 e CNFC 7818. Com isso, tem-se todas as linhagens representantes dos quatro últimos ciclos presentes nos dois primeiros grupos de melhor desempenho em produtividade.

As linhagens que representam cada ciclo foram selecionadas utilizando-se prioritariamente as informações de produtividade, tamanho e qualidade de grãos contidas na base de dados do programa. Desta forma, as estimativas obtidas com a avaliação dessas linhagens representam mais fielmente a evolução dessas características nas linhagens selecionadas em cada ciclo. Nas linhagens do grupo carioca a associação de produtividade com arquitetura ereta e tolerância ao acamamento de plantas só aconteceu recentemente. Desta forma, a seleção para produtividade de grãos gerou resultados desfavoráveis para arquitetura de plantas e acamamento e assim as linhagens mais produtivas não, necessariamente, representam o progresso para essas variáveis. Isto é comprovado pelo fato que das sete linhagens do melhor grupo de notas de arquitetura de plantas e de acamamento, apenas duas estão presentes no melhor grupo de linhagens mais produtivas (Tabela 2).

A estimativa do progresso genético (b_1) para produtividade de grãos foi de 34,65 Kg, referente a dois anos, devido ao ciclo bienal de VCU. Portanto dividindo-se esse valor por dois encontra-se o progresso genético anual de 17,3 kg ou 0,72 % ao ano. Considerando todo o período do estudo (22 anos), ocorreu um aumento de 380 kg.ha⁻¹ de produtividade como resultado do programa de melhoramento, o equivalente a quase um terço da produtividade média nacional que é de 1.354 kg.ha⁻¹ (Feijão, 2013). Por esta estimativa ter sido obtida utilizando uma amostra representativa das melhores linhagens de cada ciclo, e comparadas com base em ensaios realizados nas mesmas condições ambientais, esse método fornece a estimativa mais precisa e consistente do ganho genético real obtido pelo programa de melhoramento de feijoeiro-comum da Embrapa.

Os valores do progresso genético obtidos nesse estudo representam o progresso genético médio alcançado nas principais regiões produtoras em todo o Brasil. Não foi encontrado na literatura trabalho de estimação de progresso incluindo as principais regiões produtoras de feijão-comum no Brasil. No entanto resultados semelhantes ao nível regional foram relatados por outros autores estimativas de progresso com a cultura do feijoeiro-comum: em Minas Gerais, com 0,6% (Matos et al., 2007) de progresso; no Paraná, com 1,4% e 1,6% de progresso (Fonseca Júnior, 1997); em Santa Catarina, com 1,2% de progresso (Elias et al., 1999); no Rio Grande do Sul, com 0,9% de progresso (Ribeiro et al., 2002).

Conclusão

O programa de melhoramento genético do feijoeiro-comum de grão carioca da Embrapa apresentou progresso genético significativo para produtividade de grãos (0,72% ao ano) e qualidade de grãos (2,4% ao ano), no período de 1985 a 2006, para as principais regiões produtoras de feijão no Brasil.

Referências

- CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; VENCOVSKY, R.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; PINHEIRO, J. B. Genetic gain in the breeding program of common beans at IAC from 1989 to 2007. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, n. 3, p. 329-336, 2010.
- ELIAS, H. T.; HEMP, S.; FLESCHE, R. D. Ganho genético na produtividade das cultivares de feijão recomendadas para Santa Catarina – 1979/1999. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, p.373-375, 1999.
- FONSECA JÚNIOR, N. S. **Progresso genético para a produtividade do feijão no estado do Paraná no período de 1977 a 1995**. 211 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' - USP, Piracicaba, 1997.
- MATOS, J. W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Trinta e dois anos do programa de melhoramento genético do feijoeiro comum em Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 6, p.1749-1754, 2007.
- FEIJÃO: dados conjunturais da produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil - 1985 a 2010. Disponível em : <<http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em abril de 2013.
- RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; POSSEBEN, S. B.; STORCK, L. Progresso genético em caracteres agrônômicos no melhoramento do feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 629-633, 2002.
- RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. de F. B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grãos tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.12, p.1989-1994, 1998.

Tabela 1. Estimativas dos coeficientes de regressão e progresso genético para a produtividade de grãos (kg. ha⁻¹), massa de 100 grãos e qualidade de grão, em 22 anos de melhoramento de feijoeiro-comum do grupo comercial carioca na Embrapa, avaliados de 2008 a 2010.

Parâmetros	PROD	P100	NG
Intercepto b ₀	2392	22,4	3,8
Inclinação b ₁	34,65	0,14	-0,18
P-valor (Ho:b ₁ =0)	1,1%	18,8%	0,03%
Coef. de determinação (%)	52,6	18,2	78,4
Progresso genético anual (%)	0,72	0,31	-2,37

Tabela 2. Médias de produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) e de outras características agrônômicas de linhagens de feijoeiro-comum do grupo comercial carioca da Embrapa, representando 22 anos de melhoramento, avaliadas em 20 ambientes no período de 2008 a 2010.

Nº	LINHAGEM	CICLO	PROD	P100	NG	ARQ	ACA	MA
1	CNFC 8075	2001/02	2914 a	24,6 c	2,0 b	5,1 e	4,9 c	6,1 c
2	CNFC 8063	2001/02	2883 a	24,9 c	2,0 b	5,0 d	4,8 c	6,1 c
3	CNF 4108	1987/88	2853 a	21,1 h	3,1 d	5,0 d	5,2 d	5,0 b
4	CNFC 8058	2001/02	2845 a	23,4 e	2,1 b	4,4 b	4,7 c	4,9 b
5	CNFC 10429	2005/06	2844 a	24,5 c	1,3 a	4,0 a	3,7 a	2,4 a
6	CNFC 7827	1999/00	2809 a	23,9 d	2,3 b	5,6 f	5,9 e	5,6 c
7	CNFC 10431	2005/06	2793 a	23,0 e	1,7 a	3,8 a	3,8 a	3,0 a
8	CNFC 7813	1999/00	2779 b	24,8 c	2,5 c	5,6 f	6,1 e	4,9 b
9	CNF 5824	1989/90	2778 b	24,5 c	3,8 e	5,5 f	5,9 e	5,1 b
10	CNFC 9518	2003/04	2769 b	23,9 d	2,9 d	5,2 e	5,2 d	5,4 b
11	CNFC 7818	1999/00	2761 b	23,7 d	2,7 c	5,7 g	6,1 e	4,9 b
12	CNF 7569	1997/98	2757 b	23,0 e	2,5 c	5,1 e	4,9 c	5,9 c

13	CNFC 9461	2003/04	2729 b	25,2 c	1,5 a	4,1 a	4,0 a	6,0 c
14	CNF 5550	1985/86	2706 b	24,8 c	4,2 e	5,5 f	6,0 e	6,6 c
15	CNF 7461	1997/98	2705 b	21,0 h	2,9 d	4,9 d	5,3 d	4,7 b
16	CNF 7091	1989/90	2686 b	23,8 d	2,3 b	5,8 g	6,0 e	6,4 c
17	CNFC 10432	2005/06	2668 b	23,8 d	1,7 a	3,8 a	3,7 a	2,7 a
18	CNF 5547	1987/88	2656 b	24,5 c	4,5 f	3,8 a	4,0 a	6,1 c
19	CNFC 9458	2003/04	2556 c	24,1 d	1,9 b	3,9 a	3,7 a	5,9 c
20	CNF 6548	1991/92	2534 c	20,7 h	2,7 c	5,8 g	6,4 f	6,1 c
21	CNF 7079	1995/96	2526 c	23,6 d	4,2 e	4,7 c	4,4 b	3,3 a
22	CNF 7093	1995/96	2497 c	19,9 i	3,3 d	4,3 b	4,6 b	5,4 b
23	CNF 5545	1985/86	2490 c	20,3 i	5,0 g	4,2 b	3,7 a	5,7 c
24	CNF 6778	1993/94	2472 c	27,2 a	2,6 c	5,6 f	5,7 e	5,8 c
25	CNF 7098	1995/96	2455 c	21,5 g	2,3 b	4,0 a	4,1 a	4,6 b
26	CNF 6783	1993/94	2452 c	20,2 i	3,1 d	5,6 f	6,3 f	5,4 b
27	CNF 6773	1991/92	2413 c	22,2 f	2,8 c	4,8 d	4,9 c	6,0 c
28	CNF 6777	1993/94	2327 d	25,9 b	2,7 c	5,9 g	6,5 f	5,9 c
29	CNF 6772	1991/92	2264 d	23,0 e	3,0 d	5,4 f	6,0 e	5,6 c
30	CNF 7464	1997/98	2232 d	21,3 g	3,9 e	4,8 d	4,6 b	6,0 c
31	CNF 5555	1985/86	2226 d	22,1 f	2,6 c	5,3 e	5,8 e	5,7 c
32	CNF 5558	1989/90	2218 d	22,2 f	2,6 c	5,5 f	5,8 e	5,9 c
33	CNF 5552	1987/88	2189 d	24,3 d	2,7 c	4,4 b	4,3 b	5,1 b
Nº Ensaio ⁺			20	13	15	18	18	9

* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

⁺ Número de ensaios que deram origem às médias de cada característica. PROD – produtividade em Kg.ha⁻¹; P100 – massa de 100 grãos em grammas; NG – nota de qualidade de grão; ARQ – arquitetura de plantas; ACA – acamamento; MA – mancha angular.