

# Estratégias de predição e efeitos de ambientes na avaliação de populações segregantes de feijão<sup>1</sup>

Gilmar Silvério da Rocha<sup>2\*</sup>, José Eustáquio de Souza Carneiro<sup>3</sup>, Pedro Crescêncio Souza Carneiro<sup>4</sup>, Nerison Luís Poersch<sup>5</sup>, Marilene Santos de Lima<sup>6</sup>, Lelisângela Carvalho da Silva<sup>7</sup>

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562050003>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar a consistência da predição, dos potenciais de populações de feijão quanto ao diâmetro do hipocótilo (DH) e à produtividade de grãos (PROD), em duas safras, pelas metodologias de Jinks & Pooni e das estimativas de  $m + a'$  e de  $d$ . Para isso, foram avaliadas 48 populações segregantes, nas safras de inverno de 2009 (gerações  $F_2$  e  $F_3$ , simultaneamente) e de seca de 2010 (gerações  $F_3$  e  $F_4$ , simultaneamente), além de 16 testemunhas. Pela metodologia de Jinks e Pooni, verificou-se que apenas quatro e duas populações foram coincidentes entre as 12 melhores nas duas safras, para DH e PROD, respectivamente. A correlação entre  $\bar{F}_n$  (inverno) x  $\bar{F}_n$  (seca) foi significativa e de magnitude razoável para os dois caracteres, enquanto, para  $\sigma^2_G$  (inverno) x  $\sigma^2_G$  (seca), foi inexpressiva, indicando maior influência dos efeitos ambientais nas estimativas de variância do que das médias. Constatou-se baixa correlação entre os pares  $m + a'$  (inverno) x  $m + a'$  (seca) e  $d$  (inverno) x  $d$  (seca) para ambos os caracteres, evidenciando que essas estimativas também sofrem grande efeito de ambientes. As populações mais promissoras, considerando-se o DH e a PROD, simultaneamente, foram IPR Uirapuru x L1, BRS Valente x VC6 e CNFC 9466 x VC6, pela metodologia de Jinks & Pooni e CNFC 9466 x L3, BRS Horizonte x VC6 e IPR Uirapuru x BRSMG Madrepérola, pelo método de  $m + a'$  e de  $d$ . Assim, essas metodologias são complementares na predição do potencial de populações segregantes de feijoeiro.

**Palavras-chave:** potencial genético, safras, seleção, hipocótilo, produtividade de grãos, *Phaseolus vulgaris*.

## ABSTRACT

### Evaluation of common bean segregant populations: prediction strategies and environmental effects

The objective of this study was to verify the consistency in predicting the potential of common bean populations regarding the hypocotyl diameter (HD) and grain yield (GY) in two planting seasons applying the methodology of Jinks and Pooni and the estimates  $m+a'$  and  $d$ . A total of 48 segregating populations were evaluated in the 2009 winter season (generations  $F_2$  and  $F_3$ , simultaneously) and the 2010 dry season (generations  $F_3$  and  $F_4$ , simultaneously), besides 16 controls. Based on the Jinks and Pooni methodology, it was verified that only four and two populations coincided among the twelve best in the two crops, for HD and GY, respectively. The correlation between  $\bar{F}_n$  (winter season) x  $\bar{F}_n$  (dry season) was significant and of reasonable magnitude for the two characters, but

Submetido em 31/10/2013 e aprovado em 23/07/2015.

<sup>1</sup> Este trabalho é parte da Tese de Doutorado do primeiro autor. Fontes financiadoras: Capes e CNPq.

<sup>2</sup> Instituto Federal Catarinense, Rio do Sul, Santa Catarina, Brasil. rocha@ifc-riodosul.edu.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. jesc@ufv.br

<sup>4</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. carneiro@ufv.br

<sup>5</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil. nerison.poersch@ufms.br

<sup>6</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. marilene@ufv.br

<sup>7</sup> Universidade Estadual de Roraima, Rorainópolis, Roraima, Brasil. lelisangelas@yahoo.com.br

\*Autor para correspondência: rocha@ifc-riodosul.edu.br

inexpressive for  $\sigma_G^2$  (winter season) x (dry season), indicating greater influence of the environmental effects on the variance estimates than on the mean estimates. A low correlation between the pairs  $m+a'$  (winter season) x  $m+a'$  (dry season) and  $d$  (winter season) x  $d$  (dry season) was verified for both characters, showing that these estimates are also highly influenced by the environment. The most promising populations, considering HD and GY, simultaneously, were IPR Uirapuru x L1, BRS Valente x VC6, and CNFC 9466 x VC6, according to the Jinks and Pooni methodology; and CNFC 9466 x L3, BRS Horizonte x VC6, and IPR Uirapuru x BRSMG Madreperola, by the estimates  $m+a'$  and  $d$ . Thus, these methodologies are complementary in predicting the potential of common bean segregating populations.

**Key words:** genetic potential, seasons, selection, hypocotyl, grain yield, *Phaseolus vulgaris*.

## INTRODUÇÃO

Na condução de um programa de melhoramento por hibridação em plantas autógamas, a escolha das populações segregantes com maior potencial para extração de linhagens superiores é uma etapa de extrema importância. Embora muitas populações sejam obtidas e avaliadas anualmente pelos melhoristas, nem todas apresentam potencial para que genótipos com desempenho superior ao dos genitores sejam selecionados e recomendados como cultivares. Assim, a avaliação do potencial das populações segregantes pode aumentar a eficiência dos programas de melhoramento.

Entre os procedimentos que auxiliam os melhoristas na escolha das populações segregantes, destacam-se o método proposto por Jinks & Pooni (1976) e as estimativas dos parâmetros  $m + a'$  e  $d$  (Vencovsky, 1987). O procedimento de Jinks & Pooni (1976) estima a probabilidade de se obterem linhagens que superem um determinado padrão na geração  $F_x$ , considerando-se a média e a variância das gerações iniciais. Alguns estudos relatam a eficiência do método de Jinks & Pooni (1976) em feijão (Otubo *et al.*, 1996; Abreu *et al.*, 2002; Carneiro *et al.*, 2002), soja (Triller & Toledo, 1996; Ribeiro *et al.*, 2009) e arroz (Santos *et al.*, 2001).

A estimativa de  $m + a'$  representa a contribuição dos locos em homozigose, fixados nas linhagens parentais; portanto, depende do desempenho das linhagens *per se*. Já a estimativa de  $d$  corresponde ao desvio dos heterozigotos em relação à média e depende da divergência entre as linhagens e da existência de dominância do caráter. Assim, uma população será boa fonte de linhagens, caso apresente elevada estimativa de  $m + a'$ , associada aos elevados valores de  $d$ . Também há relatos da eficiência desta metodologia na predição do potencial de populações de feijoeiro para a extração de linhagens (Abreu *et al.*, 2002; Carneiro *et al.*, 2002; Mendonça *et al.*, 2002).

Apesar do uso dessas metodologias na cultura do feijoeiro, não foram encontradas informações sobre o efeito de ambientes na predição do potencial, pois, em

geral, as populações foram avaliadas em uma única safra. Triller & Toledo (1996) verificaram, em soja, que a presença de interação genótipos x ambientes interferiu no processo de predição, quando utilizaram a metodologia de Jinks & Pooni (1976). Segundo esses autores, na presença dessa interação, a utilização de mais de um cultivar de referência e, principalmente, de dados de dois ambientes, foi útil para aumentar a precisão das estimativas para o caráter produtividade de grãos.

No melhoramento do feijoeiro, a escolha das populações segregantes mais promissoras tem sido feita com base, principalmente, na produtividade de grãos. Entretanto, outros caracteres, como arquitetura de planta, devem ser considerados, já que têm recebido grande atenção dos melhoristas (Menezes Júnior *et al.*, 2008; Mendes *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009). Porém, fatores ambientais, aliados à avaliação visual por meio de notas atribuídas em campo, diminuem a precisão da avaliação da arquitetura de planta, resultando em menor acurácia na predição do potencial das populações quanto à arquitetura. Moura *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2013) relatam a eficácia do diâmetro do hipocótilo na determinação da arquitetura do feijoeiro. Assim, esta característica apresenta potencial para ser utilizada na identificação de populações de melhor porte.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a consistência da predição do potencial de populações de feijão, quanto ao diâmetro do hipocótilo e à produtividade de grãos, nas safras de inverno e de seca, pelas metodologias de Jinks & Pooni (1976) e estimativas de  $m + a'$  e  $d$ .

## MATERIAL E MÉTODOS

Quarenta e oito populações de feijão foram derivadas de cruzamentos entre 14 genitores, em um esquema de dialelo parcial. Essas populações foram avaliadas, simultaneamente, nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ , com os 14 genitores e dois cultivares comerciais (Pérola e BRSMG Talismã), totalizando 112 tratamentos, na safra do inverno (semeadura na 1ª quinzena de agosto de

2009). Em 2010, na safra da seca (semeadura na 2ª quinzena de fevereiro), foi avaliado o mesmo número de tratamentos, sendo as populações constituídas pelas gerações  $F_3$  e  $F_4$ . Os dois experimentos foram conduzidos no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Coimbra, MG. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições, sendo as parcelas constituídas de quatro linhas de 4 m, espaçadas de 0,5 m, com 15 sementes por metro.

As populações e testemunhas foram avaliadas quanto à produtividade de grãos e ao diâmetro do hipocótilo, medido com paquímetro digital, em 20 plantas, retiradas de forma aleatória, de cada parcela. A adubação de plantio constou de 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, e, aos 25 dias após a emergência das plântulas, foi realizada a adubação de cobertura, com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os demais tratos culturais foram os recomendados para a cultura do feijoeiro na região.

A predição do potencial das populações  $F_2$  (2009) e  $F_3$  (2010) foi realizada pela metodologia de Jinks & Pooni (1976), que estima a probabilidade de cada população originar linhagens que superem um determinado padrão (PSP). Essa probabilidade corresponde à área à direita de um determinado valor de  $x$ , na abscissa da distribuição normal, calculada utilizando-se as propriedades de uma distribuição normal padronizada, estimando-se a variável  $Z$  pela expressão  $Z = (x - m)/s$ , em que:  $x$  = média da linhagem padrão que, para produtividade de grãos, foi a do cultivar Pérola, acrescida de 35% e, para diâmetro do hipocótilo, foi a média da linhagem A805, acrescida de 10%;

$m$  = média das linhagens na geração  $F_i$ , que, em um modelo sem dominância, corresponde à média da geração em estudo  $\bar{F}_{ni}$ ; e

$s$  = desvio padrão fenotípico entre as linhagens  $\left( s = \sqrt{\sigma_{FL}^2} \right)$ .

A variância genética entre as linhagens ( $\sigma_{GL}^2$ ) equivale a duas vezes a variância genética aditiva ( $\sigma_A^2$ ), presente na  $F_2$ . Para um modelo sem dominância, a variância fenotípica da geração  $F_2$  ( $\sigma_{F_2}^2$ ) contém  $\sigma_A^2 + \sigma_E^2$ . Logo,  $2\sigma_A^2 = 2\sigma_{F_2}^2 - 2\sigma_E^2$ . Considerando-se que a variância ambiental da geração  $F_2$  possa ser estimada pela variância das linhagens (testemunhas), tem-se que  $s = \sqrt{\sigma_{FL}^2} = \sqrt{2\sigma_A^2 + \sigma_E^2} = \sqrt{2\sigma_{F_2}^2 - \sigma_E^2}$ . Portanto, para uma

dada população  $i$ ,  $Z_i = (\bar{L} - \bar{F}_{2i}) / \sqrt{(2\sigma_{F_2i}^2 - \sigma_E^2)}$ . Para populações, avaliadas na geração  $F_3$ , a probabilidade de uma dada população  $i$  gerar linhagens que superem um determinado padrão foi estimada pela expressão:

$$Z_i = (\bar{L} - \bar{F}_{3i}) / \sqrt{(1,332\sigma_{F_3i}^2 - 0,332\sigma_E^2)}$$

A variância fenotípica de cada uma das populações ( $\sigma_{F_i}^2$ ) foi estimada, por repetição, de 20 plantas amostradas de uma das linhas centrais, ignorando-se 0,5 m de cada extremidade. Posteriormente, foi obtida a média dessas variâncias nas diferentes repetições. Como estimativa da variância ambiental para as populações, foi utilizada a média das variâncias ambientais de cada uma das 16 testemunhas. A variância ambiental de cada testemunha correspondeu à estimativa das variâncias fenotípicas destas, estimadas da mesma forma que para as populações.

A partir das médias das gerações avaliadas, foram obtidas estimativas da contribuição dos locos em homocigose ( $m + a'$ ) e em heterocigose ( $d$ ). As expressões para obtenção das estimativas de  $m + a'$  e  $d$  foram:

$$\text{Gerações } F_2 \text{ e } F_3: m + a' = 2\bar{F}_{3i} - \bar{F}_{2i}; d = 4(\bar{F}_{2i} - \bar{F}_{3i})$$

$$\text{Gerações } F_3 \text{ e } F_4: m + a' = 2\bar{F}_{4i} - \bar{F}_{3i}; d = 8(\bar{F}_{3i} - \bar{F}_{4i})$$

Na quantificação da consistência da predição foi determinado o número de populações coincidentes entre as 12 de maior potencial, considerando-se cada metodologia nas safras do inverno e da seca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao diâmetro do hipocótilo (DH), verificou-se que a população 23 apresentou a menor média por planta, enquanto, a população 43, a maior média, nas duas safras (Tabela 1). Foram estimados vários valores negativos para a variância genética das populações, em cerca de 30% delas. Este resultado indica que a variância ambiental, estimada com base nas testemunhas, apresentou valores superestimados. Nessas populações, a herdabilidade foi considerada nula. De modo geral, as estimativas de herdabilidade para indivíduos foram relativamente de baixa magnitude, com o maior valor de 47,60%. Segundo Vello & Vencovsky (1974), pode haver a ocorrência de erros associados às estimativas da variância genética, principalmente, para variância no âmbito de indivíduo.

Pela metodologia de Jinks & Pooni (1976), observou-se que, das 12 populações segregantes mais promissoras em relação ao DH, com probabilidade (PSP) de produzir linhagens que superem o cultivar A805 em 10%, apenas quatro populações (43, 13, 16 e 36) foram coincidentes nas duas safras (Tabela 1).

Considerando-se a produção de grãos, também foram estimados valores negativos de variância genética para várias populações, e herdabilidade para indivíduo, de baixa magnitude (Tabela 2). Entre as 12 populações

**Tabela 1:** Média por planta ( $\bar{F}_n$ , cm) do diâmetro do hipocótilo, variância genética ( $\sigma^2_G$ ), herdabilidade ( $h^2$ ) e probabilidade de obtenção de linhagens que superam a linhagem A805 em 10% (PSP, %), para 48 populações de feijão avaliadas, no inverno de 2009 e na seca de 2010

População	Diâmetro do Hipocótilo							
	Inverno de 2009 (Geração F <sub>2</sub> )				Seca de 2010 (Geração F <sub>3</sub> )			
	$\bar{F}_n$	$\sigma^2_G$	$h^2$ (%)	PSP	$\bar{F}_n$	$\sigma^2_G$	$h^2$ (%)	PSP
1 (1 x 9)*	0,581	0,001	13,25	7,93	0,610	0,004	30,37	14,69
2 (1 x 10)	0,576	0,005	33,46	12,10	0,561	0,003	26,31	6,55
3 (1 x 11)	0,542	0,002	21,74	5,16	0,564	0,000	0,00	4,09
4 (1 x 12)	0,558	-0,002	0,00	1,13	0,594	0,004	31,77	12,10
5 (1 x 13)	0,498	-0,001	0,00	0,23	0,500	-0,002	0,00	0,19
6 (1 x 14)	0,583	-0,003	0,00	0,38	0,597	0,003	25,44	11,31
7 (2 x 9)	0,587	0,001	13,24	8,69	0,615	0,000	0,00	10,75
8 (2 x 10)	0,592	0,001	10,09	8,85	0,582	0,004	31,84	10,20
9 (2 x 11)	0,546	0,000	0,00	2,39	0,574	0,002	21,19	7,21
10 (2 x 12)	0,587	0,000	0,00	6,81	0,582	-0,002	0,00	3,36
11 (2 x 13)	0,568	0,002	21,58	7,93	0,552	-0,002	0,00	0,96
12 (2 x 14)	0,567	-0,002	0,00	1,32	0,592	0,007	43,66	14,46
13 (3 x 9)	0,622	0,003	21,96	17,36	0,645	-0,001	0,00	14,69
14 (3 x 10)	0,586	0,001	7,65	7,35	0,601	-0,001	0,00	5,71
15 (3 x 11)	0,556	-0,001	0,00	2,12	0,583	0,004	28,92	9,85
16 (3 x 12)	0,601	0,001	8,58	9,85	0,643	0,000	0,00	16,11
17 (3 x 13)	0,582	0,004	33,20	12,71	0,599	0,001	8,16	8,69
18 (3 x 14)	0,582	0,000	0,00	5,59	0,630	0,001	6,25	14,46
19 (4 x 9)	0,590	-0,001	0,00	5,26	0,612	0,002	18,53	12,71
20 (4 x 10)	0,557	0,001	14,19	5,26	0,561	-0,002	0,00	1,29
21 (4 x 11)	0,562	0,001	11,36	5,37	0,550	0,003	23,74	5,05
22 (4 x 12)	0,568	-0,002	0,00	0,78	0,615	0,003	24,84	14,46
23 (4 x 13)	0,489	-0,002	0,00	0,02	0,538	0,007	42,92	7,08
24 (4 x 14)	0,581	0,003	22,38	10,03	0,601	0,003	23,75	11,90
25 (5 x 9)	0,610	0,002	19,93	14,23	0,609	0,002	17,26	11,90
26 (5 x 10)	0,552	-0,001	0,00	1,79	0,559	-0,003	0,00	0,96
27 (5 x 11)	0,525	0,000	0,00	1,58	0,551	-0,003	0,00	0,39
28 (5 x 12)	0,575	0,003	25,55	9,85	0,590	0,005	36,44	12,51
29 (5 x 13)	0,543	0,007	45,15	10,75	0,543	0,001	7,14	2,68
30 (5 x 14)	0,567	-0,003	0,00	0,01	0,590	0,002	18,92	9,01
31 (6 x 9)	0,602	0,000	0,00	8,38	0,640	0,008	45,94	24,51
32 (6 x 10)	0,594	0,004	30,72	14,01	0,553	-0,001	0,00	2,22
33 (6 x 11)	0,555	0,001	5,40	3,67	0,540	0,003	22,28	4,01
34 (6 x 12)	0,560	0,002	18,94	6,55	0,645	0,005	33,57	23,27
35 (6 x 13)	0,529	-0,001	0,00	0,87	0,543	-0,002	0,00	1,02
36 (6 x 14)	0,592	0,005	34,24	14,69	0,616	0,004	28,75	15,62
37 (7 x 9)	0,589	-0,002	0,00	2,33	0,624	0,002	17,74	15,15
38 (7 x 10)	0,570	0,000	0,00	4,36	0,541	-0,004	0,00	0,09
39 (7 x 11)	0,540	-0,001	0,00	1,16	0,542	-0,001	0,00	1,54
40 (7 x 12)	0,587	-0,002	0,00	2,56	0,606	-0,003	0,00	3,67
41 (7 x 13)	0,556	0,000	0,00	3,51	0,546	-0,002	0,00	0,68
42 (7 x 14)	0,602	-0,005	0,00	0,00	0,610	0,001	9,39	10,75
43 (8 x 9)	0,644	0,004	28,21	23,89	0,669	0,008	47,60	31,92
44 (8 x 10)	0,585	-0,002	0,00	2,44	0,640	0,006	39,68	23,27
45 (8 x 11)	0,542	0,002	17,64	4,46	0,559	0,005	35,16	7,93
46 (8 x 12)	0,617	0,002	21,23	16,11	0,614	0,002	14,40	12,51
47 (8 x 13)	0,563	0,001	9,53	5,05	0,579	0,004	31,46	9,68
48 (8 x 14)	0,592	0,001	12,06	9,34	0,631	0,006	38,40	20,90

\*Genitores: 1 = BRS Valente; 2 = BRS Supremo; 3 = IPR Uirapuru; 4 = BRS Horizonte; 5 = CNFC 9466; 6 = A805; 7 = A170; 8 = A525; 9 = VC6; 10 = BRS MG Majestoso; 11 = BRS MG Madrepérola; e 12 = L1; 13: L2 e 14: L3.

**Tabela 2:** Média da produção de grãos por planta ( $\bar{F}_n$ ), variância genética ( $\sigma^2_G$ ), herdabilidade ( $h^2$ ) e probabilidade de obtenção de linhagens que superam o cultivar Pérola em 35% (PSP, em %), para 48 populações de feijoeiro, no inverno de 2009 e na seca de 2010

População	Produtividade de Grãos							
	Inverno de 2009 (Geração F <sub>2</sub> )				Seca de 2010 (Geração F <sub>3</sub> )			
	$\bar{F}_n$	$\sigma^2_G$	$h^2$ (%)	PSP	$\bar{F}_n$	$\sigma^2_G$	$h^2$ (%)	PSP
1 (1 x 9)*	14,68	31,58	39,29	44,83	12,79	19,85	26,70	41,29
2 (1 x 10)	13,98	115,59	70,31	45,22	12,10	38,97	41,69	39,74
3 (1 x 11)	14,99	11,07	18,50	45,22	12,31	51,32	48,50	41,29
4 (1 x 12)	14,80	5,13	9,52	43,64	12,41	30,83	36,13	40,52
5 (1 x 13)	14,73	-1,81	0,00	42,47	11,74	-13,27	0,00	31,21
6 (1 x 14)	14,26	-2,87	0,00	39,36	11,83	44,07	44,71	39,36
7 (2 x 9)	15,33	0,09	0,19	46,02	11,08	-2,89	0,00	30,50
8 (2 x 10)	13,38	14,52	22,93	38,21	12,49	6,03	9,95	38,97
9 (2 x 11)	13,68	36,36	42,70	41,68	11,90	42,26	43,67	39,36
10 (2 x 12)	14,26	12,98	21,01	41,68	12,86	-7,16	0,00	38,97
11 (2 x 13)	12,69	9,81	16,73	34,46	12,13	-2,42	0,00	35,94
12 (2 x 14)	14,39	-14,90	0,00	35,2	11,59	75,53	58,08	40,13
13 (3 x 9)	13,33	24,86	33,75	39,36	12,73	8,28	13,18	40,13
14 (3 x 10)	13,01	17,20	26,06	37,07	11,62	-1,27	0,00	33,36
15 (3 x 11)	13,17	13,37	21,51	37,07	12,89	20,19	27,03	42,07
16 (3 x 12)	13,73	17,19	26,05	40,13	14,08	-1,55	0,00	46,41
17 (3 x 13)	13,12	26,02	34,78	38,59	11,81	10,08	15,61	36,32
18 (3 x 14)	14,75	-8,68	0,00	40,90	11,27	-5,20	0,00	30,85
19 (4 x 9)	14,62	-13,14	0,00	38,21	12,37	16,05	22,74	39,36
20 (4 x 10)	11,53	46,91	49,01	35,20	9,82	-0,14	0,00	25,14
21 (4 x 11)	13,10	34,25	41,24	39,36	13,35	15,36	21,98	43,64
22 (4 x 12)	13,98	-1,09	0,00	38,21	12,84	30,09	35,57	42,47
23 (4 x 13)	13,42	-17,69	0,00	23,58	13,13	81,62	59,96	44,83
24 (4 x 14)	13,61	28,90	37,19	40,52	13,35	36,80	40,31	44,43
25 (5 x 9)	14,95	-5,94	0,00	42,86	12,70	7,85	12,58	40,13
26 (5 x 10)	13,43	32,00	39,60	40,13	13,49	-7,66	0,00	42,47
27 (5 x 11)	15,64	27,86	36,35	48,40	13,19	-5,41	0,00	41,29
28 (5 x 12)	13,07	12,47	20,36	36,32	12,02	21,88	28,64	38,21
29 (5 x 13)	15,40	39,82	44,93	47,61	13,19	23,12	29,78	43,25
30 (5 x 14)	15,16	-16,66	0,00	41,29	12,78	3,19	5,54	40,13
31 (6 x 9)	12,41	-18,48	0,00	14,46	11,24	11,36	17,25	33,72
32 (6 x 10)	13,03	19,77	28,84	37,45	12,41	0,30	0,55	37,83
33 (6 x 11)	14,59	20,12	29,19	44,04	14,27	60,99	52,80	48,40
34 (6 x 12)	12,29	-12,16	0,00	22,36	12,86	29,38	35,02	42,47
35 (6 x 13)	12,18	-4,87	0,00	26,76	12,94	-18,32	0,00	37,07
36 (6 x 14)	12,17	-16,00	0,00	17,36	11,09	21,95	28,70	34,46
37 (7 x 9)	13,50	-21,53	0,00	14,46	11,32	1,68	2,99	32,64
38 (7 x 10)	12,75	3,56	6,80	33,00	13,93	-8,99	0,00	45,22
39 (7 x 11)	13,64	-8,47	0,00	33,72	13,32	-15,43	0,00	40,52
40 (7 x 12)	14,09	-19,55	0,00	26,76	13,02	-7,62	0,00	39,74
41 (7 x 13)	13,39	28,36	36,76	39,74	13,30	-18,96	0,00	39,74
42 (7 x 14)	13,53	-9,75	0,00	32,27	12,89	15,81	22,48	41,68
43 (8 x 9)	11,24	-13,60	0,00	15,15	9,37	-3,43	0,00	22,36
44 (8 x 10)	14,21	-25,59	0,00	0,00	11,56	43,27	44,25	38,21
45 (8 x 11)	11,67	-3,11	0,00	25,14	11,22	-13,29	0,00	28,10
46 (8 x 12)	12,46	32,59	40,04	36,69	11,50	-15,77	0,00	28,77
47 (8 x 13)	11,67	-0,48	0,00	26,43	9,82	-12,12	0,00	21,48
48 (8 x 14)	11,46	-15,45	0,00	14,01	9,76	16,23	22,94	28,43

\*Genitores: 1 = BRS Valente; 2 = BRS Supremo; 3 = IPR Uirapuru; 4 = BRS Horizonte; 5 = CNFC 9466; 6 = A805; 7 = A170; 8 = A525; 9 = VC6; 10 = BRS MG Majestoso; 11 = BRS MG Madrepérola; e 12 = L1; 13 = L2 e 14 = L3.

com maior potencial para extração de linhagens que superam o cultivar Pérola em 35%, destacaram-se apenas as populações 29 e 33, considerando-se as duas safras, simultaneamente. Estes resultados, associados às predições para o caráter DH, indicam que a metodologia de Jinks & Pooni (1976) é bastante influenciada pelos efeitos de ambiente, o que pode levar à escolha de populações pouco promissoras, se realizada com base em uma só geração. De modo geral, a metodologia de Jinks & Pooni (1976) tem sido utilizada no feijoeiro como alternativa para escolha de populações segregantes (Abreu *et al.*, 2002; Carneiro *et al.*, 2002; Mendonça *et al.*, 2002), com base na predição em apenas uma geração de avaliação. Entretanto, em soja, Triller & Toledo (1996) verificaram que, embora a predição por essa metodologia não tenha sido influenciada pela herdabilidade e complexidade do controle genético do caráter, a presença de interação genótipos x ambientes interferiu no processo de predição.

As estimativas do coeficiente de correlação entre os parâmetros  $\bar{F}_n$  x PSP e  $\sigma^2_G$  x PSP foram significativas e, em sua maioria, de alta magnitude, tanto para diâmetro do hipocótilo quanto para produtividade de grãos (Tabela 3). Estes resultados corroboram o preconizado pela metodologia de Jinks & Pooni (1976), que procura conciliar, na mesma população, elevados valores de média e de variância genética. Cabe ressaltar que as correlações entre  $\bar{F}_n$  x  $\sigma^2_G$ , para os dois caracteres, em ambas as safras, foram pouco expressivas, indicando que a seleção de populações com base em apenas um destes parâmetros seria de baixa eficiência. Santos *et al.* (2001) constataram que médias altas coincidiram com variâncias genéticas baixas em populações de arroz, o que dificulta a seleção de populações que conciliem os dois parâmetros.

As estimativas do coeficiente de correlação entre o desempenho das populações nas duas safras,  $\bar{F}_n$  (inverno) x  $\bar{F}_n$  (seca), foram significativas e de magnitude razoável, enquanto, para  $\sigma^2_G$  (inverno) x  $\sigma^2_G$  (seca), foram inexpressivas (Tabela 3), indicando maior influência dos

efeitos ambientais nas estimativas de variância do que das médias. A correlação entre as predições para a safra do inverno e para a da seca, PSP (inverno) x PSP (seca), embora significativas, foram de baixa magnitude, tanto para diâmetro do hipocótilo quanto para produtividade de grãos. Assim, maior acurácia na predição do potencial de populações segregantes pode ser obtida a partir da avaliação dessas populações, em dois ou mais ambientes, utilizando-se a média das PSP. Jinks & Pooni (1980), ao avaliarem altura de planta e dias para florescimento, em tabaco, ressaltaram a importância da obtenção de estimativas de variâncias livres de efeitos de interação, visto que para um desses caracteres a interação com o ambiente proporcionou desvio nas predições.

Com base nas médias de PSP das duas safras, foram escolhidas as 12 melhores populações para diâmetro do hipocótilo e as 12 melhores para produtividade de grãos (Tabela 4). Em relação ao diâmetro do hipocótilo, os genitores VC6, A525 e L1 foram os que mais contribuíram para formação das populações mais promissoras. Silva (2011), estudando as capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação dos genitores destas populações, observou que as linhagens VC6 e A525 apresentaram as maiores estimativas de CGC para DH, altura média de planta e nota de arquitetura de planta, indicando que essas linhagens apresentam maior frequência de alelos favoráveis para essas características. Os genitores CNFC 9466, BRS Valente e BRS MG Madrepérola sobressaíram-se quanto à formação de populações com maior potencial produtivo. Foi possível a obtenção de três populações promissoras para os dois caracteres simultaneamente (IPR Uirapuru x L1, BRS Valente x VC6 e CNFC 9466 x VC6). De acordo com Silva (2011), a população CNFC 9466 x VC6 também se destacou em relação à arquitetura de planta e à produtividade de grãos.

Outra estratégia utilizada para predizer o potencial de populações segregantes refere-se às estimativas de  $m + a' + d$ . A estimativa de  $m + a'$  corresponde à média

**Tabela 3:** Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros média ( $\bar{F}_n$ ), variância genética ( $\sigma^2_G$ ) e probabilidade de obtenção de linhagens que superam o cultivar padrão (PSP) para diâmetro do hipocótilo e produtividade de grãos do feijoeiro, nas safras de inverno de 2009 e da seca de 2010

Parâmetros	Diâmetro do Hipocótilo		Produtividade de Grãos	
	Inverno	Seca	Inverno	Seca
$\bar{F}_n$ x PSP	0,67**	0,88**	0,60**	0,92**
$\sigma^2_G$ x PSP	0,80**	0,76**	0,59**	0,45**
$\bar{F}_n$ x $\sigma^2_G$	0,22	0,44**	0,07	0,12
$\bar{F}_n$ (inverno) x $\bar{F}_n$ (seca)		0,78**		0,47**
$\sigma^2_G$ (inverno) x $\sigma^2_G$ (seca)		0,05		0,01
PSP (inverno) x PSP (seca)		0,40**		0,38**

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t.

de todas possíveis linhagens de um cruzamento na geração  $F_{\infty}$  e a estimativa de  $d$  indica a variabilidade entre essas linhagens (Vencovsky, 1987). Dessa forma, a população segregante de maior potencial apresenta elevados valores de  $m + a'$  e de  $d$  (Abreu *et al.*, 2002). As correlações de Pearson de alta magnitude e negativas entre as estimativas de  $m + a'$  e de  $d$ , para diâmetro do hipocótilo e produtividade de grãos, nas duas safras, sugerem que populações com altos valores de  $m + a'$  apresentam baixas estimativas de  $d$  e vice-versa (Tabela 5). A baixa correlação entre as combinações  $m + a'$  (inverno) x  $m + a'$  (seca) e  $d$  (inverno) x  $d$  (seca), para os dois caracteres, revelam que essas estimativas também sofrem grande efeito de ambientes. Portanto, a escolha de populações com base nas estimativas de  $m + a'$  e  $d$ , obtidas em uma única safra, nem sempre é garantia de sucesso no programa de melhoramento.

As estimativas médias, considerando-se as safras de inverno e de seca, de  $m + a'$  e de  $d$ , das 12 melhores populações, para diâmetro do hipocótilo e produtividade de grãos, são apresentadas na Tabela 6. A escolha dessas 12 populações para cada caráter foi feita de modo que, tanto os valores de  $m + a'$  como os de  $d$  fossem os mais elevados, simultaneamente. Da mesma forma que para a metodologia de Jinks & Pooni (1976), o genitor VC6 destacou-se na formação de cinco populações, entre as 12 mais promissoras para diâmetro do hipocótilo, pelas

estimativas de  $m + a'$  e de  $d$ . Em relação à produtividade de grãos, o cultivar BRS MG Madrepérola foi o que mais contribuiu para composição de populações, com maiores valores de  $m + a'$  e de  $d$ , o que novamente confirmou o potencial desse cultivar para a obtenção de populações mais promissoras. As populações 30, 19 e 15 figuraram entre as 12 melhores para as duas características, simultaneamente, embora não sejam as mesmas identificadas pela metodologia de Jinks & Pooni (1976).

Para aplicação da metodologia de Jinks & Pooni (1976), é necessária a obtenção de médias e de variâncias de gerações iniciais e os efeitos de dominância não são considerados. Já na metodologia de  $m + a'$  e de  $d$  não há restrição quanto ao grau de dominância. Assim, locos contrastantes, nos genitores com alelos que exibem desvios de dominância, são computados na variabilidade das populações estimadas pelo parâmetro  $d$ , enquanto, para locos com ausência de dominância, a variabilidade nas populações é estimada pela metodologia de Jinks & Pooni (1976) e não por  $m + a'$  e  $d$ . Conforme proposto por Oliveira *et al.* (1996), a associação dessas duas metodologias permite ao melhorista acessar o potencial das populações segregantes, com as vantagens de cada uma delas. Desta forma, as populações mais promissoras, considerando-se o diâmetro do hipocótilo e a produtividade de grãos, simultaneamente, foram IPR Uirapuru x L1, BRS Valente x VC6 e CNFC 9466 x VC6,

**Tabela 4:** Probabilidade média de obtenção de linhagens que superem o cultivar padrão (PSP, em %) das 12 melhores populações para diâmetro do hipocótilo e das 12 melhores para produtividade de grãos do feijoeiro

Diâmetro do Hipocótilo		Produtividade de Grãos	
População	PSP	População	PSP
A525 x VC6	27,91	A805 x BRS MG Madrepérola	46,22
A805 x VC6	16,45	CNFC 9466 x L2	45,43
IPR Uirapuru x VC6	16,03	CNFC 9466 x BRS MG Madrepérola	44,85
A805 x L3	15,16	IPR Uirapuru x L1	43,27
A525 x L3	15,12	BRS Valente x BRS MG Madrepérola	43,26
A805 x L1	14,91	BRS Valente x VC6	43,06
A525 x L1	14,31	BRS Valente x BRS MG Majestoso	42,48
CNFC 9466 x VC6	13,07	BRS Horizonte x L3	42,48
IPR Uirapuru x L1	12,98	BRS Valente x L1	42,08
A525 x BRS MG Majestoso	12,86	BRS Horizonte x BRS MG Madrepérola	41,50
BRS Valente x VC6	11,31	CNFC 9466 x VC6	41,50
CNFC 9466 x L1	11,18	CNFC 9466 x BRS MG Majestoso	41,30

**Tabela 5:** Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson relativos às estimativas de  $m + a'$  e  $d$ , dentro e entre as safras do inverno de 2009 e seca de 2010, para diâmetro do hipocótilo e produtividade de grãos do feijoeiro

Correlação de Pearson	Diâmetro do Hipocótilo	Produtividade de Grãos
$m + a'$ (inverno) x $d$ (inverno)	-0,87**	-0,91**
$m + a'$ (seca) x $d$ (seca)	-0,83**	-0,90**
$m + a'$ (inverno) x $m + a'$ (seca)	0,39**	0,13
$d$ (inverno) x $d$ (seca)	0,14	0,14

\*\* Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t.

**Tabela 6:** Estimativas médias de  $m + a'$  e  $d$  das 12 melhores populações para diâmetro do hipocótilo e das 12 melhores para produtividade de grãos do feijoeiro

Diâmetro do Hipocótilo			Produtividade de Grãos		
População	$m + a'$	$d$	População	$m + a'$	$d$
44 (8 x 10)*	0,615	0,065	27 (5 x 11)	3390	108
16 (3 x 12)	0,601	0,077	38 (7 x 10)	3196	259
30 (5 x 14)	0,595	0,025	42 (7 x 14)	3073	117
19 (4 x 9)	0,590	0,033	34 (6 x 12)	3010	155
31 (6 x 9)	0,589	0,149	19 (4 x 9)	2964	405
13 (3 x 9)	0,582	0,204	39 (7 x 11)	2952	1370
36 (6 x 14)	0,574	0,101	15 (3 x 11)	2901	909
1 (1 x 9)	0,574	0,040	32 (6 x 10)	2874	597
7 (2 x 9)	0,570	0,126	30 (5 x 14)	2748	1877
24 (4 x 14)	0,569	0,038	22 (4 x 12)	2746	488
15 (3 x 11)	0,566	0,061	35 (6 x 13)	2719	919
2 (1 x 10)	0,565	0,039	21 (4 x 11)	2693	1984

\*Genitores: 1 = BRS Valente; 2 = BRS Supremo; 3 = IPR Uirapuru; 4 = BRS Horizonte; 5 = CNFC 9466; 6 = A805; 7 = A170; 8 = A525; 9 = VC6; 10 = BRS MG Majestoso; 11 = BRS MG Madrepérola; e 12 = L1; 13: L2 e 14: L3.

pela metodologia de Jinks & Pooni (1976) e CNFC 9466 x L3, BRS Horizonte x VC6 e IPR Uirapuru x BRS MG Madrepérola, pelo método de  $m + a'$  e  $d$ . Dessas seis populações, destacam-se CNFC 9466 x VC6, CNFC 9466 x L3 e BRS Horizonte x VC6 por apresentarem maior probabilidade de produzirem linhagens de grãos do tipo carioca, uma vez que seus genitores são desse tipo de grãos.

## CONCLUSÕES

O efeito de safras influencia as predições do potencial de populações de feijoeiro, tanto na metodologia de Jinks e Pooni como nas estimativas de  $m + a'$  e  $d$ .

As metodologias de Jinks & Pooni e de  $m + a'$  e  $d$  são complementares na predição do potencial de populações segregantes de feijoeiro.

## REFERÊNCIAS

- Abreu AFB, Ramalho MAP & Santos JB (2002) Prediction of seed-yield potential of common bean populations. *Genetics and Molecular Biology*, 25:323-327.
- Carneiro JES, Ramalho MAP, Abreu AFB & Gonçalves FMA (2002) Breeding potential of single, double and multiple crosses in common bean. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2:515-524.
- Jinks JL & Pooni HS (1980) Comparing predictions of mean performance and environmental sensitivity of recombinant inbred lines based upon  $F_3$  and triple test cross families. *Heredity*, 45:305-312.
- Jinks JL & Pooni HS (1976) Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. *Heredity*, 36:253-266.
- Mendes FF, Ramalho MAP & Abreu AFB (2009) Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:1312-1318.
- Mendonça HA, Santos JB & Ramalho MAP (2002) Selection of common bean segregating populations using genetic and phenotypic parameters and RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2:219-226.
- Menezes Júnior JAN, Ramalho MAP & Abreu AFB (2008) Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. *Bragantia*, 67:833-838.
- Moura MM, Carneiro PCS, Carneiro JES & Cruz CD (2013) Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48:417-425.
- Oliveira LB, Ramalho MAP, Abreu AFB & Ferreira DF (1996) Alternative procedures for parent choice in a breeding program for the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Brazilian Journal of Genetics*, 19:611-615.
- Otubo ST, Ramalho MAP, Abreu AFB & Santos JB (1996) Genetic control of low temperature tolerance in germination of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica*, 89:313-317.
- Ribeiro AS, Toledo JFF & Ramalho MAP (2009) Selection strategies of segregant soybean populations for resistance to Asian rust. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:1452-1459.
- Santos PG, Soares AA & Ramalho MAP (2001) Predição do potencial genético de populações segregantes de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36:659-670.
- Silva CA, Abreu AFB & Ramalho MAP (2009) Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44:1647-1652.
- Silva VMP (2011) Melhoramento genético do porte do feijoeiro. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 60p.
- Silva VMP, Menezes Júnior JAN, Carneiro PCS, Carneiro JES & Cruz CD (2013) Genetic improvement of plant architecture in the common bean. *Genetics and Molecular Research*, 12:3093-3102.
- Triller C & Toledo JFF (1996) Using the  $F_3$  generation for predicting the breeding potential of soybean crosses. *Revista Brasileira de Genética*, 19:289-294.
- Vello NA & Vencovsky R (1974) Variâncias associadas às estimativas de variância genética e coeficiente de herdabilidade. *Piracicaba, Esalq/USP*, p.238-248. (Relatório científico, 8).
- Vencovsky R (1987) Herança quantitativa. In: Paterniani E & Viegas GP (Eds.) *Melhoramento e produção de milho*. Campinas, Fundação Cargill. p.137-209.