

# Divergência genética em feijoeiro em condições de inverno tropical<sup>(1)</sup>

Maria Amélia Gava Ferrão<sup>(2)</sup>, Clibas Vieira<sup>(3)</sup>, Cosme Damião Cruz<sup>(4)</sup> e Antônio Américo Cardoso<sup>(3)</sup>

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética de genitores de feijão tolerantes e não-tolerantes às condições de inverno e de suas combinações híbridas. A distância generalizada de Mahalanobis, o método de agrupamento de otimização de Tocher e a técnica de variáveis canônicas foram os procedimentos multivariados utilizados. Nos cruzamentos, utilizaram-se cultivares de feijão que se adaptam bem às condições de inverno, ou seja: Vermelho 2157, Ouro Negro, Antióquia 8 e Ricopardo 896, e as cultivares comerciais não-tolerantes, EMCAPA 404 – Serrano, Carioca e EMCAPA 405 – Goytacazes. Os genitores e as combinações híbridas nas gerações F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> foram avaliados em Coimbra, Minas Gerais, em quatro ensaios, nos anos de 1995 e 1996. A divergência genética dos germoplasmas foi influenciada pela temperatura e pelo estágio de melhoramento. As cultivares mais dissimilares foram Antióquia 8 e EMCAPA 404 – Serrano, e as mais similares foram, Ouro Negro e Ricopardo 896. O rendimento de grãos e o número de vagens por parcela apresentaram-se como as características de menor importância relativa no estudo da divergência genética. No entanto, como apresentaram baixa correlação genotípica com as demais características e eram as de maior importância no processo produtivo, não devem ser descartadas.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, híbridos, genitores, variação genética, análise multivariada.

## Genetic divergency on Common bean under tropical winter conditions

Abstract – This work aimed to evaluate the genetic divergency among tolerant and non tolerant parents to cold and their hybrid combinations. The generalized distance of Mahalanobis, the method of cluster analysis proposed by Tocher and the canonical variability technic were the multivariad procedures used. Common bean cultivars of two different groups were used in the crosses, being Vermelho 2157, Ouro Negro, Antióquia 8 and Ricopardo 896 the cultivars tolerant to cold, and the commercial cultivars EMCAPA 404 – Serrano, Carioca and EMCAPA 405 – Goytacazes the non tolerant ones. The parents and the hybrid combinations in the F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> generations were evaluated in Coimbra, Minas Gerais on four experiments, in 1995 and 1996. The genetic divergency among the genetic resources evaluated were influenced by temperature and advancement of the generations. The most dissimilar cultivars were Antióquia 8 and EMCAPA 404 – Serrano and Ouro Negro and Ricopardo 896 were the most similar cultivars. Grain yield and number of pods per plot were the less important characteristics influencing on genetic divergency. However, as they showed low genotypic correlation with the other characteristics and were of the greatest importance on yield, they can not be despised.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, hybrids, parents, genetic variation, multivariate analysis.

## Introdução

Os estudos a respeito de divergência genética apresentam grande relevância no melhoramento de plantas, por fornecerem parâmetros para identificação de progenitores que, quando cruzados, possibilitam o aparecimento de materiais superiores, além de facilitarem o conhecimento da base genética da população. Segundo Falconer (1981), a variabilidade

<sup>(1)</sup> Aceito para publicação em 19 de junho 2001.

Extraído da tese de doutorado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

<sup>(2)</sup> Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro-Serrano, BR 262, km 94, CEP 29375-000 Venda Nova do Imigrante, ES. E-mail: crdcrosserrano@incaper.es.gov.br

<sup>(3)</sup> UFV, Dep. de Fitotecnia, CEP 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: cbvieira@mail.ufv.br, aacardoso@mail.ufv.br

<sup>(4)</sup> UFV, Dep. de Biologia. E-mail: cdcruz@mail.ufv.br

de genética de uma população segregante depende da divergência genética entre os pais envolvidos nos cruzamentos.

Nesse contexto, a utilização da teoria de análise multivariada tem-se mostrado promissora, pois permite combinar todas as informações contidas na unidade experimental, de modo que as inferências sejam fundamentadas em um complexo de variáveis. Conforme Cruz & Regazzi (1994), a análise multivariada é um processo alternativo para a avaliação do grau de similaridade genética entre tratamentos, cujo princípio consiste em resumir um grande número de características em outro menor, facilitando a análise dos dados. Permite, também, conhecer a similaridade entre os indivíduos, através de suas distâncias, ou através de sua dispersão gráfica no espaço bi ou tridimensional e avaliar a importância de cada variável para a variação total observada entre as unidades amostrais, possibilitando a eliminação das que pouco contribuem para a variação.

Muitos trabalhos em genética e melhoramento vegetal têm empregado técnicas multivariadas no estudo de divergência genética, como o de Davis (1975), em feijão; de Peter & Ray (1976), em tomate; de Cruz (1990), em milho; de Soares (1990), em batata-baroa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre genitores de feijão que se adaptam ou não às condições de inverno e suas combinações híbridas, com base em procedimentos multivariados.

## Material e Métodos

Foram avaliadas sete cultivares de feijão e 12 combinações híbridas em diferentes gerações, no inverno de 1995 e 1996. Nos cruzamentos utilizaram-se cultivares de feijão pertencentes a dois grupos, sendo o grupo 1 formado pelas cultivares que se adaptam bem ao inverno (Vermeelho 2157, Ouro Negro, Antióquia 8 e Ricopardo 896), selecionadas por Vieira et al. (1994), e o grupo 2, por cultivares comerciais (EMCAPA 404 – Serrano, Carioca e EMCAPA 405 – Goytacazes), que não são tolerantes ao inverno.

Foram conduzidos quatro ensaios, com os sete genitores e as 12 combinações híbridas entre os dois grupos, em Coimbra, MG, em campo experimental situado à altitude de aproximadamente 700 m, conforme descrito a seguir: Ensaio 1 - F<sub>1</sub>/95: geração F<sub>1</sub> e genitores - 1995; Ensaio 2 -

F<sub>2</sub>/95: geração F<sub>2</sub> e genitores - 1995; Ensaio 3 - F<sub>2</sub>/96: geração F<sub>2</sub> e genitores - 1996; e Ensaio 4 - F<sub>3</sub>/96: geração F<sub>3</sub> e genitores - 1996.

No ano de 1995, o plantio nos ensaios 1 e 2 foi realizado em 5/5/1995, e a colheita, entre 14/8/1995 e 25/8/1995. No ensaio 1, utilizaram-se três repetições e parcelas constituídas de uma linha de 1,0 m de comprimento; o ensaio 2 foi instalado com seis repetições e parcelas de duas linhas de 5,0 m de comprimento. Em 1996, os ensaios 3 e 4 foram instalados em 20/5/1996, com quatro repetições e parcelas constituídas de duas linhas de 5,0 m de comprimento. A colheita foi realizada entre 17/9/1996 e 7/10/1996. Nos quatro ensaios utilizaram-se bordaduras externas, espaçamento entre linhas de 0,50 m e densidade de 10 plantas por metro após o desbaste. Na colheita, eliminou-se 0,25 m das extremidades de cada parcela.

Em todos os ensaios, utilizaram-se na adubação de plantio 600 kg/ha da fórmula 4-14-8 e, em cobertura, 100 kg/ha de sulfato de amônia, aplicados em cobertura 30 dias após o plantio. Os tratamentos culturais, a irrigação e o controle de pragas e doenças foram feitos de acordo com as necessidades da cultura.

Foram avaliadas as seguintes características: número de dias para emergência (EMERG), para florescimento (FLOR) e para colheita (MAT); número total de vagens/parcela, expresso em área de 4,5 m<sup>2</sup> (NVP); número de sementes/vagem (NSV), medida pela relação entre o total de sementes e o total de vagens da parcela; peso de 100 sementes, em g (PCS); e rendimento de grãos/ha (RGH), referente ao peso total da parcela expresso em kg/ha.

Preliminarmente, os dados de cada ensaio foram submetidos à análise de variância, a fim de avaliar a existência de variabilidade genética significativa entre tratamentos.

A divergência genética entre os tratamentos foi determinada pelas técnicas multivariadas que se baseiam na análise de agrupamento e de variáveis canônicas, apresentadas por Cruz & Regazzi (1994). Na análise de agrupamento, utilizou-se a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, e, na delimitação dos grupos, a técnica de otimização, proposta por Tocher, citada por Rao (1952). Quanto à análise por variáveis canônicas, a divergência genética foi evidenciada pela dispersão dos escores em gráficos, com os eixos representados pelas primeiras variáveis canônicas. Realizou-se, também, o estudo da importância relativa das características na predição da divergência genética. Todas as análises foram feitas com o programa computacional GENES (Cruz, 1997).

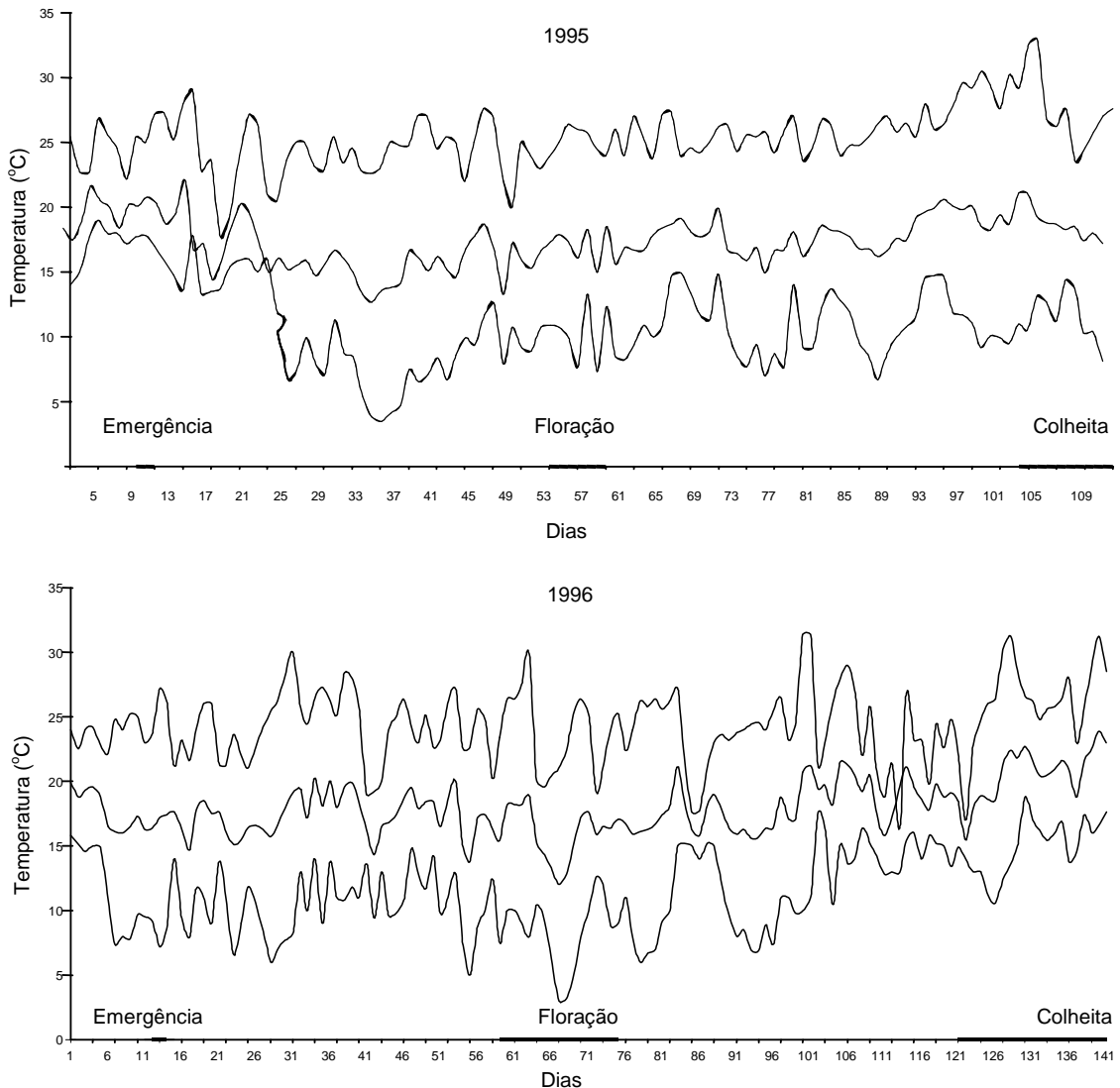
### Resultados e Discussão

As temperaturas máximas, mínimas e médias foram distintas nos anos de 1995 e 1996 (Figura 1). No ano de 1995 o inverno foi menos frio e, em 1996, as temperaturas foram mais variáveis e mais baixas, principalmente no período do florescimento.

Houve variabilidade genética entre tratamentos ( $P < 0,01$ ) para a maioria das características, exceto RGH no ensaio 4, e coeficiente de variação

ambiental oscilando de 1,324 a 15,834%, o que caracteriza boa precisão experimental (Tabela 1).

A análise da diversidade genética entre os genitores, com base na distância generalizada de Mahalanobis, permite constatar que, no grupo 1, representado pelas cultivares que se adaptam bem às condições de inverno, a Ouro Negro e a Ricopardo 896, são as mais similares, e a cultivar Antióquia 8 é bastante divergente em relação às demais (Tabelas 2 e 3). O grupo 2, representado por cultivares



**Figura 1.** Temperaturas máximas, médias e mínimas vigentes durante o ciclo da cultura no ano de 1995 e 1996, em Coimbra, MG.

comerciais, apresentam, de maneira geral, mesmo nível de similaridade (ou dissimilaridade), sendo mais próximos entre si, do que os genitores do grupo 1.

Houve grande divergência das combinações híbridas em relação à Antióquia 8. Considerando que genótipos com alta concentração de alelos dominantes, ao transmitir seus gametas, deixam descendência mais similares a si do que os de alta concentração de recessivo, constata-se que a Antióquia 8 deve apresentar formas alélicas complementares às dos demais genitores, as quais devem estar fixadas em alelos recessivos. Em estudos genéticos, procura-se basear a escolha de genitores também pela concentração de alelos favoráveis e pela complementação alélica, quando o programa de melhoramento baseia-se na hibridação. Alelos favoráveis dominantes proporcionam maior quantidade de genótipos superiores em geração segregantes, permitindo identificar indivíduos superiores com menor tamanho populacional. O genitor Ricopardo 896, do grupo 1, ao contrário, parece que concentra maior proporção de alelos dominantes, dada a sua proximidade em relação à descendência.

Na comparação da divergência genética dos materiais genéticos nos diferentes ensaios, não se observou analogia direta entre os resultados dos ensaios conduzidos no mesmo ano, constituídos das gerações F<sub>1</sub>'s e F<sub>2</sub>'s no ano de 1995, e das gerações F<sub>2</sub>'s e F<sub>3</sub>'s, no ano de 1996 e dos mesmos materiais em anos diferentes, ou seja, os genitores e as gerações híbridas F<sub>2</sub>. De modo geral, tais resultados foram similares, em relação à divergência genética dos genitores, com variação na ordem de classificação deles, ressaltando-se que as combinações híbridas mais dissimilares envolveram o progenitor de número 15 (Antióquia 8), do grupo 1.

Em ambos os ensaios, houve a formação de apenas dois grupos, com a ressalva de que, como já anteriormente detectado na matriz de dissimilaridade, a cultivar 15 (Antióquia 8) apresentou-se como a mais divergente, ficando no grupo 2 (Tabela 4). Posteriormente, reagrupou-se o grupo 1, o qual foi composto de seis subgrupos, nos ensaios 1 e 3, três, no ensaio 2 e, cinco, no ensaio 4. Nos subgrupos 1a e 1b, que reuniram o maior número de materiais, apareceram, em todos os ensaios, os genitores Ouro

**Tabela 1.** Análise de variância dos caracteres dias para emergência (EMERG), florescimento (FLOR), maturação (MAT), número de sementes/vagem (NSV), número de vagens/parcela (NVP), peso de 100 sementes (PCS) e rendimento de grãos/ha (RGH) referentes aos ensaios 1, 2, 3 e 4.

Ensaio <sup>(1)</sup>	Fonte de variação	GL	Quadrados médios						
			EMERG	FLOR	MAT	NSV	NVP	PCS	RGH
1	Blocos	2	0,017	0,366	0,483	0,038	65.375,184	3,254	533.157,062
	Tratamento	18	0,179**	5,535**	8,377**	0,833**	187.336,672**	100,377**	624.457,500**
	Resíduo	36	0,036	1,609	1,343	0,164	50.427,089	3,034	162.837,641
	Média		7,090	47,684	96,877	3,960	1.418,190	22,914	2.849,544
	CV <sub>e</sub> (%)		2,680	2,660	1,961	10,212	15,834	7,602	14,163
2	Blocos	5	0,535	4,599	16,501	0,193	30.818,163	4,675	247.382,906
	Tratamento	18	1,350**	14,966**	26,789**	0,927**	151.694,555**	151,791**	639.136,000**
	Resíduo	90	0,194	0,732	4,635	0,128	10.359,907	3,514	44.791,973
	Média		7,149	47,772	99,298	3,828	995,370	26,246	1.833,607
	CV <sub>e</sub> (%)		6,166	1,791	2,168	9,370	10,230	7,143	11,542
3	Blocos	3	3,403	35,556	7,932	0,064	7.196,298	3,302	84.009,608
	Tratamento	18	2,627**	65,008**	75,260**	0,619**	49.915,652**	105,881**	50.054,531 <sup>ns</sup>
	Resíduo	54	0,191	4,603	2,388	0,122	10.020,266	2,313	28.323,442
	Média		10,947	64,644	127,645	3,478	828,539	25,358	1.460,788
	CV <sub>e</sub> (%)		3,987	3,319	1,212	10,049	12,082	5,998	11,521
4	Blocos	3	0,434	5,665	7,153	0,079	8.107,421	2,319	22.855,353
	Tratamento	18	0,870**	48,739**	48,278**	0,517**	29.309,736**	78,706**	50.460,999**
	Resíduo	54	0,156	2,773	2,792	0,052	6.064,213	1,2186	21.381,340
	Média		10,355	52,697	126,224	3,428	852,750	24,107	1.377,469
	CV <sub>e</sub> (%)		3,819	3,160	1,324	6,683	9,132	4,704	10,615

<sup>(1)</sup>1 - F<sub>1</sub>/1995: geração F<sub>1</sub> e genitores; 2 - F<sub>2</sub>/1995: geração F<sub>2</sub> e genitores; 3 - F<sub>2</sub>/1996: geração F<sub>2</sub> e genitores; 4 - F<sub>3</sub>/1996: geração F<sub>3</sub> e genitores. <sup>ns</sup>Não-significativo. \*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 2.** Distâncias generalizadas de Mahalanobis em relação a seis características, obtidas por transformação via condensação pivotal, de 7 genitores e 12 combinações híbridas na geração F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, nos ensaios 1 e 2, respectivamente.

Trat.	Gen. <sup>(1)</sup>	Tratamentos																	
		2 (2 x 1')	3 (3 x 1')	4 (4 x 1')	5 (1 x 2')	6 (2 x 2')	7 (3 x 2')	8 (4 x 2')	9 (1 x 3')	10 (2 x 3')	11 (3 x 3')	12 (4 x 3')	13 (1)	14 (2)	15 (3)	16 (4)	17 (1')	18 (2')	19 (3')
Ensaio 1																			
1	1 x 1'	8,958	36,312	2,752	13,406	4,498	13,528	8,563	6,967	7,362	20,100	5,606	3,913	11,858	89,875	5,312	18,961	21,057	24,985
2	2 x 1'		26,238	9,692	31,555	8,857	16,090	15,513	21,171	8,797	18,734	10,491	16,706	18,595	78,112	9,012	14,034	30,551	21,487
3	3 x 1'			36,151	55,795	39,805	14,581	54,616	47,609	38,922	21,926	37,925	30,066	57,320	30,398	35,099	63,396	71,427	56,619
4	4 x 1'				16,678	1,282	14,439	6,246	8,627	4,195	13,172	3,431	9,565	4,087	83,166	1,573	13,016	11,572	12,448
5	1 x 2'					16,913	17,963	18,724	6,984	17,631	24,749	16,421	8,953	26,288	97,127	18,032	48,199	26,613	42,861
6	2 x 2'						14,062	2,349	6,659	0,985	11,429	1,016	12,981	3,951	81,350	0,770	12,913	7,646	9,019
7	3 x 2'							19,660	11,571	12,129	6,246	10,558	9,465	28,989	37,515	11,485	46,226	32,134	32,942
8	4 x 2'								5,204	2,011	17,824	1,670	18,935	7,872	95,629	4,549	19,915	6,688	12,257
9	1 x 3'									6,476	16,521	4,161	8,779	17,176	83,271	8,009	37,825	16,048	27,253
10	2 x 3'										9,469	0,668	15,607	7,557	77,494	1,798	18,219	9,393	9,471
11	3 x 3'											9,860	21,254	19,667	38,288	8,388	40,436	22,051	16,746
12	4 x 3'												12,680	8,254	74,863	1,569	21,491	10,052	12,055
13	1													25,008	81,023	12,516	39,987	36,287	41,531
14	2													106,279	10,542	4,756	10,542	5,275	5,358
15	3														73,639	141,593	109,816	92,284	9,140
16	4															17,579	10,504	9,140	24,840
17	1'																22,971	14,067	6,742
18	2'																		
Ensaio 2																			
1	1 x 1'	7,478	23,535	12,503	5,818	5,179	14,018	11,440	12,749	15,919	46,077	21,662	8,240	0,597	210,383	11,137	24,462	23,590	100,412
2	2 x 1'		19,177	4,538	11,250	11,157	9,156	10,293	8,977	13,745	29,829	10,839	26,313	7,844	192,804	10,158	6,819	17,675	63,526
3	3 x 1'			34,639	28,380	35,238	11,071	37,679	11,739	30,173	15,837	31,783	26,244	18,290	107,242	34,291	36,278	51,572	73,190
4	4 x 1'				20,333	19,873	17,855	17,520	15,214	18,168	41,863	14,935	35,915	14,373	239,442	19,024	4,537	22,920	69,574
5	1 x 2'					2,079	13,283	3,758	7,382	7,287	39,262	13,025	10,937	5,266	198,985	6,276	30,363	9,584	79,971
6	2 x 2'						20,554	4,276	14,892	14,576	53,672	19,330	14,003	6,601	223,559	5,334	29,322	11,983	96,229
7	3 x 2'							15,917	4,217	8,112	11,465	8,314	24,410	10,252	135,737	14,957	24,817	22,925	50,932
8	4 x 2'								9,947	6,479	41,711	7,635	24,972	12,572	214,496	1,926	24,416	2,923	67,535
9	1 x 3'									2,522	15,024	4,612	20,145	9,763	165,769	13,847	21,098	12,797	45,646
10	2 x 3'										23,116	2,904	24,066	13,695	186,319	10,441	27,316	7,406	48,234
11	3 x 3'											19,576	54,125	38,414	97,338	43,706	40,215	43,907	25,690
12	4 x 3'												38,313	19,863	182,767	11,099	18,756	6,675	33,038
13	1													6,553	199,987	25,447	52,069	39,031	124,102
14	2													191,440	12,004	26,252	24,136	93,801	24,136
15	3														202,837	233,614	229,861	164,477	229,861
16	4															27,161	8,539	76,794	27,161
17	1'																		27,768
18	2'																		56,308
																			54,262

<sup>(1)</sup> Genitores e combinações híbridas: 1: Vermelho 2157; 2: Ouro Negro; 3: Antioquia 8; 4: Rcopardo 896; 1': EMCAPA 404 – Serrano; 2': Carioca; 3': EMCAPA 405 – Goytacazes.

**Tabela 3.** Distâncias generalizadas de Mahalanobis em relação a sete características, obtidas por transformação via condensação pivotal, de 7 genitores e 12 combinações híbridas na geração F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, nos ensaios 3 e 4, respectivamente, 1996.

Treat.	Gen. <sup>(1)</sup>	Tratamentos																	
		2 (2 x 1')	3 (3 x 1')	4 (4 x 1')	5 (1 x 2')	6 (2 x 2')	7 (3 x 2')	8 (4 x 2')	9 (1 x 3')	10 (2 x 3')	11 (3 x 3')	12 (4 x 3')	13 (1)	14 (2)	15 (3)	16 (4)	17 (1')	18 (2')	19 (3')
Ensaio 3																			
1	1 x 1'	56,794	62,335	26,507	27,653	9,973	33,126	58,041	13,101	32,482	66,019	17,808	36,503	21,490	506,263	28,898	32,980	23,698	78,349
2	2 x 1'		87,451	10,385	74,259	51,203	53,770	34,112	63,022	32,399	79,861	50,641	95,418	18,474	381,578	16,025	48,651	46,859	80,266
3	3 x 1'			50,355	90,957	61,435	7,227	73,507	44,207	32,098	3,750	31,921	100,279	50,993	236,089	35,026	87,935	79,225	58,799
4	4 x 1'				53,021	24,079	22,904	21,666	29,825	8,795	47,406	17,529	69,784	6,076	375,966	3,878	28,679	23,279	46,298
5	1 x 2'					22,726	63,304	77,467	25,172	61,184	87,116	59,688	1,861	31,373	518,865	45,268	104,807	32,833	136,443
6	2 x 2'						31,608	37,444	13,333	21,637	60,359	16,023	28,864	12,729	464,070	20,891	47,704	57,980	
7	3 x 2'							48,643	26,169	13,121	11,740	12,363	74,505	25,571	294,731	14,057	50,925	45,773	42,314
8	4 x 2'								36,711	13,435	56,436	28,144	87,863	15,500	350,682	20,144	18,569	27,874	
9	1 x 3'									22,012	39,265	14,166	28,294	16,142	422,035	22,855	60,200	16,875	61,917
10	2 x 3'										28,034	7,042	73,007	10,105	329,309	6,165	38,298	18,369	19,728
11	3 x 3'											32,533	95,082	42,894	217,791	31,097	93,869	70,884	53,403
12	4 x 3'												69,406	17,473	378,136	15,150	27,267	20,836	24,017
13	1													42,310	534,020	58,466	125,278	38,740	148,221
14	2														381,239	4,308	42,567	11,352	50,894
15	3															330,209	487,458	466,910	319,271
16	4																41,926	22,589	43,810
17	1'																	51,051	52,353
18	2'																		48,273
Ensaio 4																			
1	1 x 1'	4,071	37,820	21,078	18,694	19,715	65,407	20,351	7,004	19,283	73,277	15,527	18,549	14,976	397,744	12,212	27,987	29,794	79,221
2	2 x 1'		39,175	13,556	21,735	23,539	54,627	19,007	14,664	14,997	71,916	11,123	29,968	17,736	385,631	15,451	18,432	24,232	58,275
3	3 x 1'			33,236	61,175	51,085	38,592	33,492	30,594	21,942	9,397	25,229	82,950	28,946	234,376	37,003	29,289	64,682	51,259
4	4 x 1'				35,676	20,665	22,564	5,881	29,835	7,196	59,617	13,141	60,998	14,589	362,979	16,812	8,196	17,063	40,390
5	1 x 2'					11,235	59,106	24,086	9,310	23,761	96,832	19,371	11,465	16,696	397,929	19,889	44,578	13,305	74,085
6	2 x 2'						38,931	6,956	14,045	15,231	78,334	21,783	27,185	3,917	369,026	12,045	27,753	9,067	67,015
7	3 x 2'							21,269	57,280	14,077	44,258	26,154	101,996	32,333	264,758	34,852	17,844	28,402	15,974
8	4 x 2'								20,153	6,175	56,674	16,164	48,465	4,152	339,495	9,974	11,595	11,177	46,273
9	1 x 3'									17,627	60,606	14,509	14,311	9,919	349,748	13,020	34,789	27,371	74,292
10	2 x 3'										40,553	4,186	46,447	9,445	304,034	7,662	6,026	13,151	26,241
11	3 x 3'											49,773	126,296	50,623	154,600	62,017	41,303	94,080	48,864
12	4 x 3'												35,747	16,444	332,382	12,172	14,824	16,862	33,164
13	1													35,091	465,623	28,122	69,727	37,681	119,465
14	2														319,608	11,290	18,394	16,191	55,517
15	3															352,996	288,930	391,515	224,463
16	4																15,186	15,930	52,987
17	1'																		23,993
18	2'																		45,763

<sup>(1)</sup> Genitores e combinações híbridas: 1: Vermelho 2157; 2: Ouro Negro; 3: Ricopardo 896; 1': EMCAPA 404 – Serrano; 2': Carioca; 3': EMCAPA 405 – Goytacazes.

Negro e Ricopardo 896, do grupo adaptado ao inverno. As combinações híbridas mais dissimilares foram Antióquia 8 x EMCAPA 404 – Serrano (3 x 1'), Ouro Negro x EMCAPA 404 – Serrano (2 x 1') e Antióquia 8 x EMCAPA 405 – Goytacazes (3 x 3').

O Ricopardo 896 (tratamento 16) passou suas características fenotípicas à descendência, o que indica sua concentração de alelos dominantes (Tabela 4). Seus híbridos obtidos com o cruzamento com EMCAPA 404 – Serrano (tratamento 4), Carioca (tratamento 8) e EMCAPA 405 – Goytacazes (tratamento 12) estiveram sempre no mesmo grupo, exceto no ensaio 3, em que o híbrido 4 x 2' (tratamento 8) foi classificado no grupo 1c, e os demais, no 1b. Estes resultados são ainda de maior importância, pois as informações são consistentes em relação às gerações F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, o que demonstra a potencialidade do genitor em programas de melhoramento. Outras similaridades entre genitor e descendência, nas várias gerações, são encontradas entre Vermelho 2157 e Vermelho 2157 x Carioca ou de Ouro Negro x Carioca.

A utilização das variáveis canônicas no estudo de divergência genética teve como propósito a identificação de genótipos similares em gráficos de dispersão bi ou tridimensional, possibilitando, assim, simplificar a interpretação dos resultados. A viabilidade de sua utilização está restrita à concentração da variabilidade disponível entre as primeiras variáveis, a qual é referenciada por muitos autores, citados por Cruz & Regazzi (1994), como

acima de 80%. As estimativas dos autovalores associadas às variáveis canônicas (VC<sub>i</sub>), referentes aos ensaios 1 e 2, estão incluídas na Tabela 5, e as dos ensaios 3 e 4, na Tabela 6. No ensaio 1, as duas primeiras variáveis canônicas acumularam próximo de 80% da variação total, e, nos demais ensaios, mais de 80%, levando, assim, a se tomarem apenas as duas primeiras variáveis, em todos os quatro ensaios, no estudo gráfico de dispersão (Figura 2).

Em todos os ensaios, a cultivar Antióquia 8 mostrou-se como a mais divergente em relação aos outros materiais. Entre os genitores, os mais dissimilares foram Antióquia 8 e Vermelho 2157, no grupo 1, e EMCAPA 405 – Goytacazes, no grupo 2. As dispersões dos genitores e das populações F<sub>2</sub>, relativos aos ensaios 2 e 3, dos anos de 1995 e 1996, respectivamente, foram similares com a utilização das duas primeiras variáveis canônicas.

A cultivar Antióquia 8, identificada como a mais divergente, apresenta semente grande, fato importante quando se analisam a origem e a domesticação do feijoeiro. Segundo Gepts et al. (1986), existem duas áreas de domesticação do feijoeiro: uma, na América Central, que deu origem às cultivares com sementes pequenas, e duas, na América do Sul, sendo uma delas no sul dos Andes (Peru e Argentina), e a outra, no norte dos Andes (Colômbia), originando os materiais com sementes grandes e pequenas, respectivamente.

O genitor Antióquia 8 diferencia-se dos demais em razão de sua origem ser, provavelmente, a América do Sul, especialmente a região dos Andes (Peru

**Tabela 4.** Agrupamento de 7 genitores e 12 combinações híbridas de feijão, pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis, dos ensaios 1, 2, 3 e 4<sup>(1)</sup>.

Grupo	Subgrupo	1995		1996	
		Ensaio 1 Genitores e híbridos F <sub>1</sub>	Ensaio 2 Genitores e gerações F <sub>2</sub>	Ensaio 3 Genitores e gerações F <sub>2</sub>	Ensaio 4 Genitores e gerações F <sub>3</sub>
1	a	10,12, 6, 16, 4, 8, 1, 9, 14	1,14, 5, 6, 8, 16, 2, 9, 10, 7, 12, 18, 4, 17, 13	5, 13, 6, 9, 1, 18, 14	6, 14, 8, 10, 16, 4, 18, 12, 17
	b	7, 11	3, 11	3, 11, 7, 10, 12, 16, 4	1, 2, 9
	c	18, 19	19	8	3, 11
	d	5, 13		19	5, 13
	e	2		2	7, 19
	f	17		17	
2		3, 15	15	15	15

<sup>(1)</sup>Genitores: 13: Vermelho 2157; 14: Ouro Negro; 15: Antióquia 8; 16: Ricopardo 896; 17: EMCAPA 404 – Serrano; 18: Carioca; 19: EMCAPA 405 – Goytacazes; Combinações híbridas: 1: 13x17; 2: 14x17; 3: 15x17; 4: 16x17; 5: 13x18; 6: 14x18; 7: 15x18; 8: 16x18; 9: 13x19; 10: 14x19; 11: 15x19; 12: 16x19.

e Argentina). Os outros genitores devem ter vindo para o Brasil pelas introduções de germoplasma da América Central (Gepts et al., 1986).

A importância relativa dos caracteres foi também avaliada visando identificar possíveis características dispensáveis. Conforme Cruz (1990), o grande interesse na avaliação da importância relativa dos caracteres reside na possibilidade de se descartarem

características que contribuem pouco para a discriminação do material avaliado, reduzindo, dessa forma, mão-de-obra, tempo e custo despendidos na experimentação. Segundo Cruz & Regazzi (1994), os caracteres dispensáveis em estudo de divergência genética compreendem os que são relativamente não-variantes entre os indivíduos estudados, apresentam instabilidade com a mudança das condições ambientais

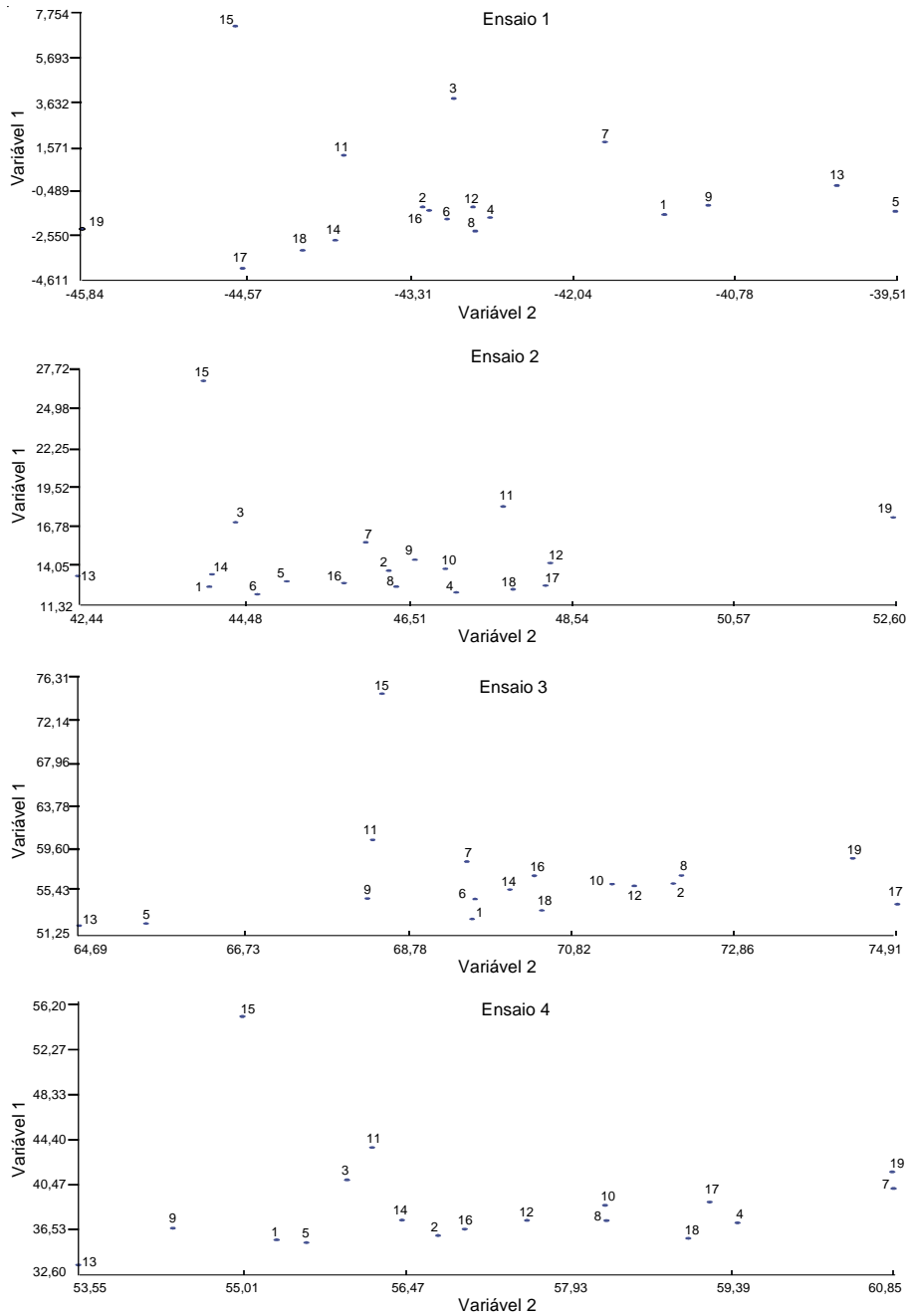
**Tabela 5.** Estimativas dos autovalores ( $\lambda_i$ ), da variação acumulada ( $\lambda\%$ ) e da importância relativa das variáveis canônicas (VC) obtidas com base nas características florescimento (FLOR), maturação (MAT), número de vagens/parcela (NVP), número de sementes/vagem (NSV), peso de 100 sementes (PCS) e rendimento de grãos em kg/ha (RGH), avaliadas em 7 genitores e 12 combinações híbridas em F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, referente aos ensaios 1 e 2, respectivamente (1995).

Ensaio	VC <sub>i</sub>	Variância ( $\lambda_i$ )	Variância acumulada (%)	Importância relativa					
				FLOR	MAT	NVP	NSV	PCS	RGH
1	VC <sub>1</sub>	6,631	56,091	-0,139	0,109	-1,401	-0,648	0,653	1,409
	VC <sub>2</sub>	2,534	77,526	-0,776	-0,597	-0,053	0,427	-0,082	0,584
	VC <sub>3</sub>	1,856	93,228	-0,521	0,148	0,937	-0,387	-0,104	-0,120
	VC <sub>4</sub>	0,436	97,924	0,498	0,218	-0,034	0,252	-0,208	0,639
	VC <sub>5</sub>	0,241	98,964	-0,250	0,808	-0,023	0,289	-0,137	-0,231
	VC <sub>6</sub>	0,122	100,000	0,158	0,167	0,760	0,705	0,763	-0,721
2	VC <sub>1</sub>	12,343	59,750	0,210	0,081	-0,823	-0,664	0,772	0,403
	VC <sub>2</sub>	5,055	84,224	0,707	0,310	0,143	0,009	-0,159	-0,793
	VC <sub>3</sub>	2,022	94,013	0,392	-0,790	-0,569	0,441	-0,065	0,584
	VC <sub>4</sub>	0,831	98,040	0,574	0,116	0,761	0,088	0,124	0,099
	VC <sub>5</sub>	0,304	99,514	-0,021	0,352	0,551	0,963	0,437	-0,707
	VC <sub>6</sub>	0,100	100,000	-0,041	0,613	-0,591	-0,231	-0,507	0,763

**Tabela 6.** Estimativas dos autovalores ( $\lambda_i$ ), da variação acumulada ( $\lambda\%$ ) e da importância relativa das variáveis canônicas (VC) obtidas com base nas características emergência (EMERG), florescimento (FLOR), maturação (MAT), número de vagens/parcela (NVP), número de sementes/vagem (NSV), peso de 100 sementes (PCS) e rendimento de grãos em kg/ha (RGH), avaliadas em 7 genitores e 12 combinações híbridas em F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>, referente aos ensaios 3 e 4, respectivamente (1996).

Ensaio	VC <sub>i</sub>	Variância ( $\lambda_i$ )	Variância acumulada (%)	Importância relativa						
				EMERG	FLOR	MAT	NVP	NSV	PCS	RGH
3	VC <sub>1</sub>	25,286	64,710	-0,183	0,205	0,639	-1,085	-0,427	0,660	0,576
	VC <sub>2</sub>	6,603	81,611	0,158	0,786	0,611	0,901	0,055	-0,473	-0,925
	VC <sub>3</sub>	3,729	91,155	1,048	0,176	-0,045	-0,534	0,182	-0,387	0,573
	VC <sub>4</sub>	2,554	97,695	-0,097	0,660	-0,446	-0,714	0,047	-0,062	0,815
	VC <sub>5</sub>	0,483	98,931	-0,215	-0,100	0,425	-0,492	0,342	-0,335	0,822
	VC <sub>6</sub>	0,319	99,749	0,156	0,080	-0,051	1,501	0,903	0,559	-0,814
	VC <sub>7</sub>	0,097	100,000	0,242	0,120	-0,125	-0,448	-0,754	-0,324	1,189
4	VC <sub>1</sub>	22,060	69,981	0,198	0,332	0,228	-0,608	-0,524	0,714	0,517
	VC <sub>2</sub>	4,267	83,519	0,481	0,875	0,323	0,096	0,019	-0,446	0,060
	VC <sub>3</sub>	2,450	91,291	-0,100	-0,455	0,866	0,019	-0,147	-0,214	-0,063
	VC <sub>4</sub>	1,395	95,719	0,758	-0,270	0,130	-0,496	0,240	-0,071	0,285
	VC <sub>5</sub>	0,801	98,263	0,212	0,210	-0,037	1,198	0,501	0,273	-0,189
	VC <sub>6</sub>	0,456	99,710	-0,436	0,105	0,337	0,428	1,097	0,369	-0,508
	VC <sub>7</sub>	0,091	100,000	-0,195	0,093	-0,037	-0,742	-0,347	-0,326	1,354





**Figura 2.** Dispersão gráfica de 7 genitores e 12 combinações híbridas de feijão em  $F_1$  e  $F_2$ , referente aos ensaios 1 e 2 (1995), e  $F_2$  e  $F_3$ , referente aos ensaios 3 e 4 (1996), respectivamente, em relação às duas primeiras variáveis canônicas. Genitores e combinações híbridas: 1: 13x17; 2: 14x17; 3: 15x17; 4: 16x17; 5: 13x18; 6: 14x18; 7: 15x18; 8: 16x18; 9: 13x19; 10: 14x19; 11: 15x19; 12: 16x19; 13: Vermelho 2157; 14: Ouro Negro; 15: Antióquia 8; 16: Ricopardo 896; 17: EMCAPA 404 – Serrano; 18: Carioca; 19: EMCAPA 405 – Goytacazes.

ou são redundantes, por estarem correlacionados com outros caracteres. Assim, deve-se, também, analisar a matriz de correlação genotípica para auxiliar no descarte de características que são redundantes no estudo.

A importância relativa das características, na divergência genética dos germoplasmas, é quantificada pelos coeficientes de ponderação dos caracteres nas variáveis canônicas originais. No entanto, como os coeficientes são influenciados pela escala de avaliação das características, foi realizada a padronização desses coeficientes. Posteriormente, na avaliação da importância relativa dos caracteres na divergência genética, identificaram-se os de menor importância, entre os grupos de materiais, como sendo aqueles cujos coeficientes de ponderação, obtidos com a ponderação e padronização das variáveis, são de maior magnitude, em valor absoluto, nas últimas variáveis canônicas.

Os caracteres de menor importância, em ordem de descarte, foram: PCS, MAT, RGH, NVP e FLOR, no ensaio 1; RGH, NSV, NVP e MAT, no ensaio 2; RGH, NVP e EMERG, no ensaio 3; e RGH, NSV, NVP, EMERG, MAT e FLOR, no ensaio 4 (Tabelas 5 e 6). Na identificação das correlações genotípicas dessas características, considerando as estimativas de correlações genotípicas maiores de 0,7 (Ferrão, 1997), estas foram obtidas somente para as combinações FLOR e RGH (-0,711), no ensaio 1; NSV e MAT (-0,917), no ensaio 2; EMERG e NVP (-0,723), no ensaio 3; e, NSV e MAT (-0,775), no ensaio 4. Na análise conjunta dos quatro ensaios as características RGH e NVP foram as de menor importância no estudo de divergência genética. No entanto, como apresentaram baixa correlação genotípica com as demais características e são as de maior importância no processo produtivo, não devem ser descartadas.

O fato de não terem sido identificados caracteres redundantes neste estudo está de acordo com o apresentado por Oliveira (1989) e Fonseca et al. (1995), que estudando 9 e 16 caracteres do feijoeiro, respectivamente, também não encontraram descritores redundantes.

## Conclusões

1. Na análise genética dos genitores, as cultivares mais dissimilares são Antióquia 8, do grupo adaptado ao inverno, e EMCAPA 404 – Serrano, do grupo composto pelas variedades comerciais, e as cultivares mais similares são Ouro Negro e Ricopardo 896.

2. A divergência genética entre os genitores e as combinações híbridas é influenciada pela temperatura e pelo estágio de melhoramento.

## Referências

- CRUZ, C. D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1997. 442 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1994. 390 p.
- DAVIS, J. R. C. Cluster analysis as an aid to selection for diversity in dry beans. **Bean Improvement Cooperative Annual Report**, East Lansing, v. 18, p. 21-23, 1975.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1981. 279 p.
- FERRÃO, M. A. G. **Tolerância do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ao frio: análise dialéctica genética e correlação entre caracteres**. 1997. 123 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FONSECA, R. J.; ANDRADE, M. J. B. de; FERREIRA, D. F. Divergência genética em germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) coletado no sul de Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 19, p. 383-389, 1995.
- GEPTS, P.; OSBORN, T. C.; RASHKA, K.; BLISS, F. A. Phaseolin protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. **Economic Botany**, New York, v. 40, p. 451-458, 1986.
- OLIVEIRA, E. J. de. **Análise multivariada no estudo da divergência genética entre cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1989. 71 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- PETER, K. V.; RAY, B. Genetic divergence in tomato. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, Calcutta, v. 36, n. 3, p. 379-383, 1976.
- RAO, R. C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: J. Wiley, 1952. 390 p.
- SOARES, L. **Melhoramento de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) II: divergência genética entre clones com base em procedimentos multivariados e estimativas de parâmetros genéticos**. 1990. 85 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VIEIRA, C.; ARANTES, H. A. G.; CRUZ, C. D.; ARAUJO, G. A. de. Triagem de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em busca de fontes de tolerância à baixa temperatura. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 295-305, 1994.