

Genética dos teores de fibras insolúvel e solúvel em grãos de feijão

Patrícia Medianeira Grigoletto Londero¹
Nerinéia Dalfollo Ribeiro²
Evandro Jost¹
Sandra Maria Maziero³
Taiguer Cerutti³
Nerison Luiz Poersch³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos verificar a existência de efeito materno para os teores de fibra insolúvel e solúvel em grãos de feijão e obter estimativas de herdabilidade e de ganho por seleção em gerações precoces. Os parâmetros genéticos do teor de fibra insolúvel foram estimados nas gerações F_1 , F_1 recíproco, F_2 , F_2 recíproco, retrocruzamento 1 e retrocruzamento 2, obtidas a partir do cruzamento entre os cultivares Guateian 6662 x Guapo Brilhante. De maneira similar, procedeu-se com a fibra solúvel na combinação híbrida Guapo Brilhante x Pérola. As frações da fibra alimentar foram obtidas pelo método enzimático-gravimétrico. Variabilidade genética para os teores de fibras insolúvel e solúvel nos grãos de feijão foi constatada nos diferentes cruzamentos, mas não ocorreu expressão de efeito materno. A seleção realizada em gerações precoces poderá ser efetiva no desenvolvimento de germoplasma de feijão com alto teor de fibras insolúvel e solúvel nos grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., fibra alimentar, efeito materno, variabilidade genética.

ABSTRACT

Genetic of the insoluble and soluble dietary fiber content in common bean

The objectives of this research were to investigate the presence of maternal effect on insoluble and soluble dietary fiber content of common bean and to estimate heritability and gain from selection in early generations. Genetic parameters of insoluble fiber content were estimated in the F_1 , F_1 reciprocal, F_2 , F_2 reciprocal, backcross 1 e backcross 2 generations from the controlled crossings between cultivars Guateian 6662 x Guapo Brilhante. Similar procedure was carried out for soluble fiber content with the hybrid combination Guapo Brilhante x Pérola. Dietary fiber fractions in common bean were determinate by the gravimetric-enzymatic method. Genetic variability for insoluble and soluble fiber content in beans was confirmed in the two crosses, but without expression of maternal effect. Selection performed in early generations may be effective for development of common bean germplasm with higher insoluble and soluble dietary fiber content.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., dietary fiber, maternal effect, genetic variability.

Recebido para publicação em outubro de 2007 e aprovado em abril de 2009

¹Aluno de pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900 Santa Maria-RS.

²Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 97105-900 Santa Maria-RS. neiadr@smail.ufsm.br (Autor para correspondência).

³Aluno de Graduação em Agronomia da UFSM.

INTRODUÇÃO

O consumo de alimentos ricos em fibra alimentar é essencial para manter a saúde e prevenir diversas doenças crônico-degenerativas não transmissíveis, como câncer, problemas cardiovasculares e de constipação intestinal, diabetes e obesidade (Hughes, 1991; Geil & Anderson, 1994; Moore *et al.*, 1998; Costa, 2003).

Isso ocorre porque as frações que compõem a fibra alimentar exercem efeitos fisiológicos distintos no organismo. A fibra insolúvel possui capacidade de reter mais água, o que provoca aumento do volume fecal e da pressão osmótica, aumentando a frequência da evacuação, diminuindo o tempo de trânsito no cólon e o risco de ocorrência de hemorroidas e diverticulite, prevenindo assim a constipação e o câncer de cólon (Olson *et al.*, 1987; Moore *et al.*, 1998; Vanderhoof, 1998; Maffei, 2004).

A fibra solúvel possui alto grau de fermentação no intestino, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como acetato, butirato e propionato (Olson, 1987; Moore *et al.*, 1998). De acordo com esses autores, os AGCC, exercem funções importantes na fisiologia do intestino, como melhora do fluxo sanguíneo, aumento da absorção de água e de sódio, diminuição do pH e atuação no metabolismo da glicose e do colesterol, desempenhando efeitos hipoglicemiantes e hipocolesterolemiantes.

O Instituto Nacional do Câncer recomenda a ingestão diária de 20 a 30 gramas de fibra como estratégia para a prevenção do câncer de cólon e do coração (Butrum *et al.*, 1988). Sendo assim, os alimentos de origem vegetal devem ser consumidos regularmente, pois são fontes de fibra. O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta maior teor de fibra alimentar quando comparado aos cereais (trigo, arroz e milho) a várias hortaliças (Acevedo & Bressani, 1990). Além disso, os grãos de feijão são constituídos de três partes de fibra insolúvel para uma de fibra solúvel (Londero *et al.*, 2006a), que é uma proporção adequada para ser administrada na dieta dos seres humanos (Kathleen, 1998).

Os teores de fibra alimentar e das frações insolúvel e solúvel variam com o grupo comercial, com os cultivares de feijão e com o ambiente de cultivo (Becker *et al.*, 1986; Acevedo & Bressani, 1990; Cruz *et al.*, 2004; Londero *et al.*, 2005; Londero *et al.*, 2006a; Londero *et al.*, 2006b). Em grãos crus de cultivares e de linhagens segregantes de feijão desenvolvido pelo melhoramento genético, o teor de fibra alimentar total (FA) variou de 33,39 a 39,39%, sendo a fibra insolúvel (FI) de 24,82 a 31,35% e a solúvel (FS) de 8,04 a 11,11% (Londero *et al.*, 2005; Londero *et al.*, 2006a). Além disso, herdabilidade, em sentido amplo, de 97,03% foi obtida no cruzamento entre BRS Valente x Varre-Sai (Londero *et al.*, 2006a), indicando facilidades para a seleção da fibra alimentar total em feijão. Entretanto, não há informações sobre a herdabilidade, em sentido

restrito, para as frações insolúvel e solúvel da fibra em feijão. A presença de efeito materno também não foi avaliada, e caso ocorra, o fenótipo do descendente será dependente do genótipo feminino, como observado para o teor de proteína (Leleji *et al.*, 1972), o tempo de cozimento dos grãos (Ribeiro *et al.*, 2006) e os teores de cálcio e de ferro em grãos de feijão (Jost, 2008). Nesses casos, a seleção de grãos na geração F_2 será totalmente ineficaz, pelo fato de os fenótipos dessas sementes serem semelhantes e representarem a expressão do genótipo da geração F_1 (Ramalho *et al.*, 2004).

O conhecimento do controle genético das frações da fibra possibilitará que o programa de melhoramento desenvolva linhagens e cultivares com maiores teores de fibra insolúvel e solúvel, possibilitando que o feijão seja utilizado como um alimento funcional. Sendo assim, foram objetivos desse trabalho: (1) investigar a ocorrência do efeito materno na expressão dos teores de fibras insolúvel e solúvel em grãos de feijão; (2) estimar a herdabilidade e o ganho por seleção para as frações de fibra em feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

A estimação dos parâmetros genéticos dos teores de fibras insolúvel (FI) e solúvel (FS) foi realizada por meio de cruzamentos dirigidos efetuados em 2006, em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul (RS). Os genitores contrastantes utilizados foram definidos com base em resultados obtidos em Londero *et al.* (2006b), e os cruzamentos foram realizados com emasculação do botão floral, utilizando o método de entrelaçamento (Peternelli & Borém, 1999).

Para a fibra insolúvel foi obtida a combinação híbrida: (1) Guateian 6662 (alta FI; 23,51%) e (2) Guapo Brilhante (baixa FI; 19,15%). Para a fibra solúvel realizou-se o cruzamento entre os genitores (1) Guapo Brilhante (alta FS; 5,11%) e (2) Pérola (baixa FS; 1,61%). Assim, foram obtidas para cada uma das frações da fibra as gerações: F_1 (1 ♀ x 2 ♂), F_1 recíproco (2 ♀ x 1 ♂), retrocruzamento 1 (F_1 x 1), retrocruzamento 2 (F_1 x 2), F_2 (autofecundação das plantas F_1) e F_2 recíproco (autofecundação das plantas F_1 recíproco).

As plantas de feijão foram cultivadas em vasos plásticos, com capacidade de cinco litros da mistura solo + substrato comercial Plantimax® + casca de arroz carbonizada, na proporção volumétrica de 2: 1: 1. O solo utilizado foi o Alissolo Hipocrômico argilúvico típico, com a seguinte composição química: pH (H_2O): 5,5; matéria orgânica: 2,2%; fósforo: 6,8 mg dm^{-3} ; potássio: 68 mg dm^{-3} ; cálcio: 5,5 cmol $_c$ dm^{-3} ; e magnésio: 2,7 cmol $_c$ dm^{-3} . A correção da fertilidade do solo foi realizada para os minerais considerados limitantes no solo.

A fim de garantir o desenvolvimento normal das plantas de feijão e a integridade dos botões florais, foram realizadas irrigações diárias, e o controle de insetos e de doenças foi efetuado sempre que necessário. À medida que as vagens de feijão atingiram a maturação, realizou-se a colheita de forma individual.

Os grãos foram secados em estufa (65 a 70 °C) até umidade média de 13%, quando foram moídos em micromoinho até a obtenção de partículas inferiores a 1 mm. As amostras foram armazenadas em embalagens plásticas, devidamente identificadas, e conservadas sob refrigeração até o momento da quantificação dos teores de fibras insolúvel e solúvel das amostras, que foram realizados em triplicata. A determinação do teor de fibra alimentar foi realizada no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL), do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, da UFSM. O método utilizado foi o descrito pela AOAC (1995), que determina analiticamente os teores de fibra alimentar total e insolúvel e quantifica, por diferença, o teor de fibra solúvel da amostra.

Os dados obtidos em cada combinação híbrida para os genitores e as gerações F_1 e F_2 e seus respectivos recíprocos foram submetidos à análise da variância e ao teste F a 5% de probabilidade de erro. O delineamento experimental inteiramente casualizado foi utilizado, considerando-se a média de duas repetições para os genitores, três para as gerações F_1 e F_1 recíproco e seis para as gerações F_2 e F_2 recíproco. Para testar a hipótese de efeito materno, efetuou-se a comparação entre as médias pelo teste t a 5% de significância para os contrastes P_1 vs P_2 , P_1 vs F_1 , P_2 vs F_1 recíproco, F_1 vs F_1 recíproco e F_2 vs F_2 recíproco.

As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas com as variâncias dos genitores (P_1 e P_2) e das gerações F_1 , F_2 , retrocruzamento 1 (RCP₁) e retrocruzamento 2 (RCP₂) para cada combinação híbrida. A herdabilidade foi estimada em sentidos amplo $h_a^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$ e, em sentido res-

trito $h_a^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_p^2}$, de acordo com o método dos retrocruzamentos, descrito em Borém & Miranda (2005), sendo:

$$\text{variância aditiva: } \sigma_A^2 = 2\sigma_{F_2}^2 - (\sigma_{RCP_1}^2 + \sigma_{RCP_2}^2),$$

$$\text{variância fenotípica: } \sigma_p^2 = \sigma_{F_2}^2, \text{ e}$$

$$\text{variância de ambiente em } F_2: \sigma_E^2 = 1/3(\sigma_{F_1}^2 + \sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2).$$

A heterose na geração F_1 foi quantificada pela forma percentual tanto para a relacionada com a média dos

genitores ($H\% = \frac{F_1 - P}{P} \times 100$) quanto para a heterobelio-

se ($HT\% = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100$), considerando-se $P = \frac{P_1 + P_2}{2}$ e

MP = melhor pai. Para a predição de ganhos por seleção, foi considerada a seleção de 50% das plantas com grãos F_2 (embrião em geração F_2) com maior teor de fibras insolúvel e solúvel, respectivamente. O ganho esperado, considerando-se a seleção e a recombinação dos indivíduos superiores em F_2 , foi estimado pela expressão:

$$\Delta G = DSxh_r^2 \text{ e } \Delta G(\%) = \frac{\Delta Gx100}{\bar{F}_2}, \text{ em que } DS \text{ é o}$$

diferencial de seleção, expresso por $\bar{X}_s - \bar{X}_0$, em que \bar{X}_s = média das plantas selecionadas com grãos; e F_2 e \bar{X}_0 = média das plantas com grãos na geração F_2 . As análises genético-estatísticas foram implementadas com o auxílio do programa GENES (Cruz, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância observou-se efeito significativo para o teor de fibra insolúvel nos grãos (Tabela 1). Como consequência, o contraste entre os genitores Guateian 6662 (P_1) vs Guapo Brillante (P_2) apresentou efeito significativo pelo teste t a 5% de probabilidade de erro (Figura 1). Assim, os genitores foram contrastantes

Tabela 1. Graus de liberdade, quadrado médio e probabilidade obtidos no teste F (entre parêntese) para as causas de variação dos teores de fibras alimentares insolúvel e solúvel – em % de matéria seca, considerando os genitores (P_1 e P_2) e as gerações de feijão F_1 , F_1 recíproco e F_2 e F_2 recíproco obtidos nas combinações híbridas Guateian 6662 x Guapo Brillante e Guapo Brillante x Pérola

Causas da variação	GL	Quadrado médio	
		Fibra insolúvel	Fibra solúvel
Tratamento	5	21,093 (0,000)	2,664 (0,242)
Resíduo	16	1,125	1,764
Total	21		
Média		17,69	3,53
CVe (%)		5,99	37,58
CVg (%)		13,48	14,33
CVg/Cve		2,25	0,38

CVe (%) = Coeficiente de variação ambiental.

CVg (%) = Coeficiente de variação genético.

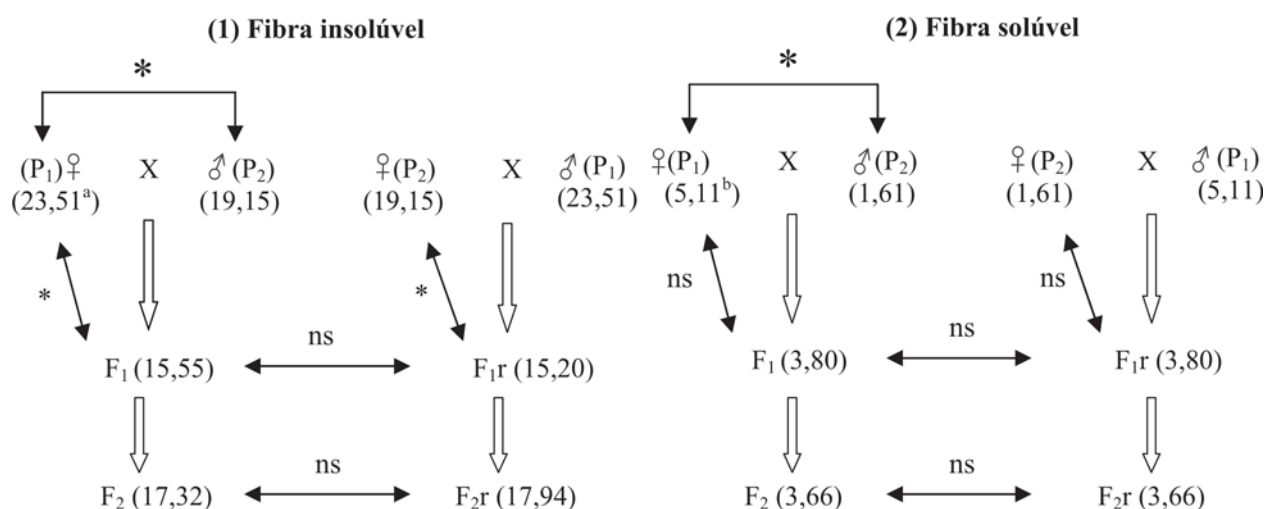


Figura 1. Genitores (P_1 e P_2) e gerações F_1 , F_1 recíproco (F_{1r}) e F_2 , F_2 recíproco (F_{2r}) com seus respectivos teores médios de fibras insolúvel (1) e solúvel (2) nos grãos de feijão e teste de significância dos contrastes entre P_1 vs P_2 , P_1 vs F_1 , P_2 vs F_{1r} , F_1 vs F_{1r} e F_2 vs F_{2r} obtidos para a fibra insolúvel (P_1 : Guateian 6662 x P_2 : Guapo Brilhante) e solúvel (P_1 : Guapo Brilhante x P_2 : Pérola).

¹ = Teor de fibra insolúvel (% da matéria seca); ² = Teor de fibra solúvel (% da matéria seca); * = Contraste significativo; ns = Contraste não-significativo.

para o teor de fibra insolúvel nos grãos de feijão, e a variabilidade genética poderá ser obtida em gerações precoces. Os contrastes P_1 vs F_1 e P_2 vs F_1 recíproco foram significativos; ou seja, os teores de fibra insolúvel das gerações F_1 e F_1 recíproco diferiram dos teores apresentados pelos genitores femininos, comprovando que o teor de fibra insolúvel em feijão é dependente dos cotilédones. Por isso, as gerações F_1 e F_1 recíproco representaram os produtos da fecundação e, nesse caso, o embrião (cotilédones e eixo embrionário) da semente F_1 obtida caracteriza a geração F_1 .

Para o contraste entre F_1 vs F_1 recíproco não foi observada diferença significativa, demonstrando que o fenótipo do descendente não será dependente do genótipo feminino e que qualquer um dos genitores poderá ser utilizado como genitor feminino nos cruzamentos controlados. O contraste F_2 vs F_2 recíproco não foi significativo, reforçando que os fenótipos dessas sementes foram semelhantes. Assim, foi comprovado que não ocorre efeito materno significativo na expressão do teor de fibra insolúvel em feijão e, por isso, a seleção de plantas com grãos na geração F_2 (embrião em F_2) será eficiente.

Entretanto, a expressão de efeito materno foi observada para o teor de proteína (Leleji *et al.*, 1972), para o tempo de cozimento dos grãos (Ribeiro *et al.*, 2006) e para os teores de cálcio e de ferro em feijão (Jost, 2008). Nesses casos, o fenótipo do descendente será dependente do genótipo feminino e o embrião e tegumento estarão presentes em gerações diferentes (Ramalho *et al.*, 2004). Por isso, a seleção deverá ser postergada para F_3 (grãos com embrião em geração F_2), quando a segregação máxima será constatada nessa geração. Isso posto, há inequívoca re-

levância na investigação da ocorrência de efeito materno para os caracteres que conferem qualidade nutricional e tecnológica ao feijão, pois terá implicações diretas na seleção e na condução de populações segregantes em programas de melhoramento.

Os genitores Guapo Brilhante (P_1) e Pérola (P_2) foram contrastantes para o teor de fibra solúvel nos grãos de feijão, pois efeito significativo foi obtido pelo teste t a 5% de probabilidade de erro (Figura 1). Os contrastes entre gerações F_1 vs F_1 recíproco e F_2 vs F_2 recíproco não foram significativos, demonstrando que não ocorre efeito materno significativo na expressão do teor de fibra solúvel em feijão. Assim, os grãos F_1 apresentaram embrião na geração F_1 e os grãos F_2 , na geração F_2 . Nesse sentido, a seleção de plantas com grãos na geração F_2 será eficiente para ambas as frações da fibra alimentar, pois esta geração representará a expressão genética da F_2 e segregação máxima será observada.

O teor de fibra insolúvel variou de 13,86 (RCP₁) a 23,51% (Guateian 6662) (Tabela 2). Esses valores foram similares aos verificados em cultivares e em linhagens segregantes de feijão (Londero *et al.*, 2006a; Londero *et al.*, 2006b). Além disso, os teores de fibra insolúvel obtidos nas gerações F_1 e F_2 foram muito próximos ao valor observado no genitor Guapo Brilhante - baixa FI, indicando que ocorre dominância parcial para baixa fibra insolúvel em feijão. Dominância parcial no sentido de diminuir um caráter que confere qualidade nutricional ao feijão já havia sido constatada para proteína bruta (Polignano, 1982). Entretanto, os teores de fibra insolúvel obtidos em gerações precoces foram bastante superiores aos valores observados em vários cereais e hortaliças (Acevedo &

Bressani, 1990), e podem ser considerados altos para feijão, por isso a seleção dessas plantas deverá ser efetivada pelo programa de melhoramento. Dessa maneira, cultivares de feijão com maior teor de fibra insolúvel poderão ser obtidos e utilizados para compor dietas menos calóricas e para prevenir constipação, pois essa fração da fibra tem a função de acelerar o tempo de trânsito intestinal, auxiliando na prevenção de doenças do trato gastrointestinal (Olson *et al.*, 1987; Moore *et al.*, 1998; Vanderhoof, 1998).

A decomposição da variância fenotípica evidenciou a predominância de efeitos ambientais em relação aos genéticos para a fibra insolúvel (Tabela 2). No entanto, a obtenção das estimativas de herdabilidade em sentido amplo e restrito foi comprometida pelo fato de ter sido utilizado um número extremamente reduzido de repetições para as gerações F_2 e de retrocruzamentos (RCP_1 e RCP_2). Apesar das análises laboratoriais terem sido realizadas em triplicata, as amostras foram pequenas devido à baixa eficiência obtida nos cruzamentos controlados. Por isso, não foi possível a obtenção das estimativas de herdabilidade, de heterose e de ganho por seleção.

O coeficiente de variação ambiental obtido para a fibra solúvel foi alto (34,73) segundo a classificação proposta por Gomes (1990). Assim, baixa precisão experimental foi, mais uma vez, observada para essa característica em feijão (Londero *et al.*, 2006a; Londero *et al.*, 2006b). Esse fato pode ser atribuído à forma indireta de determi-

nação da fibra solúvel, obtida pela diferença entre as frações total e insolúvel, calculada pelo método enzimático-gravimétrico.

Na geração F_2 foi obtida uma planta com 6,33% de fibra solúvel, que será selecionada pelo programa de melhoramento e avaliada, novamente, em gerações mais avançadas. Sendo assim, o vigor híbrido foi observado para o teor de fibra solúvel em feijão e as hipóteses de dominância e de sobredominância devem ser consideradas. Entretanto, como o feijão é uma planta autógama, espera-se que a heterose seja reduzida à metade em cada geração de autofecundação e, por isso, a geração F_3 poderá apresentar média inferior à geração F_2 , devido ao aumento da homozigose. Por isso, a avaliação em gerações avançadas se faz necessária para se investigar como será a segregação para esse caráter. Isso porque o desenvolvimento de germoplasma de feijão com alto teor de fibra solúvel é de grande importância para a prevenção de doenças cardiovasculares e para o controle do colesterol e da glicose no sangue, devido aos efeitos hipocolesterolemiantes e hipoglicemiantes da fibra solúvel (Olson *et al.*, 1987; Moore *et al.*, 1998).

Considerando os resultados obtidos, o feijão poderá ser utilizado como um alimento funcional. Se consumido regularmente como parte integrante de uma dieta variada e balanceada, propicia vários benefícios para a saúde (Hughes, 1991; Geil & Anderson, 1994). Sendo assim, nas gerações obtidas a partir dos cruzamentos entre Guateian 6662 x Guapo Brillhante e Guapo Brillhante x Pérola linha-

Tabela 2. Médias dos genitores (P_1 e P_2) e das gerações F_1 , F_2 , retrocruzamento 1 (RCP_1) e retrocruzamento 2 (RCP_2) e parâmetros genéticos da geração F_2 para os teores de fibras insolúvel e solúvel nos grãos de feijão para as combinações híbridas Guateian 6662 x Guapo Brillhante e Guapo Brillhante x Pérola

Genitor e geração	Fibra insolúvel		Fibra solúvel	
	Guateian 6662 x G. Brillhante		G. Brillhante x Pérola	
	% da matéria seca			
P_1	23,51		5,11	
P_2	19,15		1,61	
F_1	15,55		3,80	
F_2	17,32		3,66	
RCP_1	13,86		3,64	
RCP_2	14,55		-	
Média	17,18		3,60	
CVe (%)	5,57		34,73	
Parâmetros genéticos da geração F_2				
Variância fenotípica (σ^2_F)	1,38		-	
Variância ambiente ($\sigma^2_E F_2$)	0,75		-	
Variância genética (σ^2_G)	0,62		-	
Variância aditiva (σ^2_A)	0,57		-	
Valor máximo nos pais	23,71		5,13	
Valor mínimo nos pais	19,12		1,41	
Valor máximo na F_2	18,52		6,33	
Valor mínimo na F_2	15,63		1,85	

CVe (%) = Coeficiente de variação do ambiente.

gens de feijão poderão ser selecionadas com alto teor de fibra insolúvel e/ou fibra solúvel nos grãos, e serão administradas com fins terapêuticos, atendendo às mais diversas necessidades alimentares dos consumidores.

CONCLUSÕES

Não ocorre efeito materno na expressão dos teores de fibras insolúvel e solúvel em grãos de feijão.

A seleção de plantas F₂ nas gerações precoces obtidas a partir dos cruzamentos entre Guateian 6662 x Guapo Brilhante e Guapo Brilhante x Pérola poderá ser efetiva no desenvolvimento de germoplasma de feijão com alto teor de fibras insolúvel e solúvel, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro e pelas bolsas de pesquisador e de iniciação científica concedidas. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelas bolsas de doutorado, de mestrado e de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

Acevedo E & Bressani R (1990) Contenido de fibra dietética y digestibilidad del nitrogênio en alimentos centroamericanos: Guatemala. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 40:439-451.

Association of Official Agricultural Chemists. AOAC (1995) *Official Methods of Analysis*, 16th ed., AOAC, Washington. 2000p.

Becker HG, Steller W, Feldhein W, Wisker E, Kulikowski W, Suckow P, Meuser F & Seibel W (1986) Dietary fiber and bread: intake, enrichment, determination and influence on colonic function. *Cereal Foods World*, 31:306-310.

Borém A & Miranda GV (2005) *Melhoramento de plantas*. 4 ed., Viçosa, Editora da UFV. 525p.

Butrum RR, Clifford CK & Lanza E (1988) NCI dietary guidelines: rationale. *American Journal of Clinical Nutrition*, 48:881-895.

Costa NMB (2003) Alimentos: componentes nutricionais e funcionais. In: Costa NMB & Borém A (Eds.) *Biocombustíveis e nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos*. São Paulo, Nobel. p. 32-69.

Cruz CD (2006) *Programa Genes: biometria*. Viçosa, Editora da UFV. 382p.

Cruz GADR, Oliveira MGA, Pires CV, Pilon AM, Cruz RS, Brumano MHN & Moreira MA (2004) Avaliação da digestibilidade protéica, inibidor de protease e fibras alimentares de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Brazilian Journal of Food Technology*, 7:103-109.

Geil PB & Anderson JW (1994) Nutrition and health implications of dry beans: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 13:549-558.

Gomes FP (1990) *Curso de estatística experimental*, 13 ed. Piracicaba, Nobel. 468p.

Hughes JS (1991) Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. *Food Technology*, 45:122-126.

Jost E (2008) *Genética dos teores de cálcio e de ferro em grãos de feijão comum*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 42 p.

Kathleen ML (1998) *Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia*, 9 ed. São Paulo, Roca. 1179 p.

Leleji OI, Dickson MH, Crowder LV & Bourke JB (1972) Inheritance of crude protein percentage and its correlation with seed yield in beans, *Phaseolus vulgaris* L. *Crop Science*, 12:168-171.

Londero PMG, Ribeiro ND, Rodrigues JA, Poersch NL & Trentin M (2005). Genetic variability for dietary fiber content in common bean populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 5:86-90.

Londero PMG, Ribeiro ND, Filho, AC, Rodrigues JA & Antunes IF (2006a) Herança dos teores de fibra alimentar e rendimento de grãos em populações de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:51-58.

Londero PMG, Ribeiro ND, Poersch NL, Antunes IF & Nörnberg JL (2006b) Variabilidade genética de cultivares de feijão para fibra alimentar. In: VIII Reunião Sul-brasileira de Feijão, Londrina. Anais, IAPAR. p. 96-98.

Maffei HVL (2004) Constipação crônica funcional. Com que fibra suplementar? *Jornal de Pediatria*, 80:167-168.

Moore MA, Park CB & Tsuda H (1998) Soluble and insoluble fiber influences on cancer development. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 27:229-242.

Olson A, Gray MG & Chiu MC (1987) Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. *Food Technology*, 4:71-82.

Paternelli LA & Borém A (1999) Hibridação em feijão. In: Borém A (Ed) *Hibridação artificial de plantas*. Viçosa, Editora da UFV. p. 269-294.

Polignano GB (1982) Breeding for protein percentage and seed weight in *Phaseolus vulgaris* L. *The Journal Agricultural Science*, 1:191-197.

Ramalho MAP, Santos JB & Pinto CABP (2004) *Genética na agropecuária*. 3. ed. Lavras, UFLA. 472 p.

Ribeiro SRRP, Ramalho MAP & Abreu AFB (2006) Maternal effect associated to cooking quality of common bean. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6:304-310.

Vanderhoof JA (1998) Immunonutrition: the role of carbohydrates. *Nutrition*, 14:595-598.