

Composição de macrominerais em cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético

Evandro Jost¹, Nerinéia Dalfollo Ribeiro²,
Alberto Cargnelutti Filho² e Irajá Ferreira Antunes³

Resumo – O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma importante fonte de minerais para a nutrição humana. Os objetivos deste trabalho foram determinar a composição de macrominerais em grãos de cultivares de feijão, investigar a presença de interação cultivares x locais e identificar cultivares para uso direto na alimentação e em cruzamentos dirigidos em programas de melhoramento. Os minerais foram determinados em grãos de 19 cultivares de feijão obtidas em dois municípios do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, em 2005. Os grãos de feijão foram constituídos em maior parte pelos teores de nitrogênio (4,23 g), seguido pelo potássio (1,43 g), fósforo (0,40 g), magnésio (0,14 g), enxofre (0,13 g) e cálcio (0,12 g), em 100 g de matéria seca. Interações cultivares x locais significativas foram observadas em relação aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio. A cultivar BRS Expedito apresentou alto teor de macrominerais, nos dois locais de cultivo, e é indicada para uso em dietas e para cruzamentos dirigidos em programas de melhoramento.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., qualidade nutricional, variabilidade genética, interação genótipo x ambiente.

Macromineral contents in common bean cultivars and applications for genetic breeding

Abstract - The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important source of mineral in human foods. The objectives of this work were to determine the macromineral content in grains of common bean cultivars, to examine the presence of cultivar x location interactions and to identify common bean cultivars for direct consumption or to use indirected crosses in breeding programs. Mineral contents were determined for 19 cultivars obtained in two localities in Rio Grande do Sul State, Brazil, in 2005. Common bean grains were constituted mainly by nitrogen (4.23 g), followed by potassium (1.43 g), phosphorus (0.40 g), magnesium (0.14 g), sulfur (0.13 g) and calcium (0.12 g), in 100 g of dry matter. Significant cultivars x localities interaction were detected by nitrogen, phosphorus, potassium and calcium contents. Cultivar BRS Expedito presents high macromineral content, in the two localities, and suitable for diet enrichment and directed crosses in breeding programs.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., nutritional quality, genetic variability, genotype x environment interaction.

Introdução

Os alimentos de origem animal são fontes bio-disponíveis de minerais (COSTA e LIBERATO, 2003), mas devido ao elevado custo, normalmente, são inacessíveis às pessoas de menor poder aquisitivo. Nesse sentido, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta-se como uma excelente fonte alternativa de macrominerais – nitrogênio, fósforo,

potássio, cálcio e magnésio, que pode ser utilizada na alimentação humana (SATHE et al., 1984). Para tanto, uma quantidade adequada de macrominerais deve ser ingerida diariamente para que ocorra a manutenção da normalidade metabólica e para o funcionamento satisfatório das células (CUNHA e CUNHA, 1998).

A composição de minerais em feijão apresenta variabilidade genética (BARAMPAMA e SIMARD,

¹ Aluno do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Bolsista CNPq.

² Professor, Doutor, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, UFSM. 97105-900. Santa Maria, RS. E-mail: nerineia@hotmail.com. Autora para correspondência.

³ Pesquisador, Doutor, Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 553. 96001-000. Pelotas, RS. E-mail: iraja@cpact.embrapa.br.

1993; BEEBE et al., 2000; GUZMÁN-MALDONADO et al., 2000; MESQUITA et al., 2007). No Brasil, avaliaram-se 21 genótipos de feijão (cultivares comerciais e linhagens) e os teores, em g por 100 g de matéria seca (MS), de fósforo foram de 0,45 a 0,73 g, de 1,51 a 2,48 g para potássio, de 0,03 a 0,28 g para cálcio, de 0,18 a 0,34 g para magnésio e de 0,28 a 0,44 g para enxofre, no Estado de Minas Gerais (MESQUITA et al., 2007). Entretanto, para aquele estudo, foram considerados grãos, principalmente de tegumento de cor, que têm maior aceitação comercial naquela região. Como a composição de minerais pode variar nos grãos de diferentes classes (AUGUSTIN et al., 1981), é importante investigar, também, os teores de macrominerais em grãos de feijão do grupo comercial preto, pois são amplamente utilizados no Brasil para o preparo da tradicional feijoada, além de apresentar grande preferência para o consumo nos Estados da região sul do país.

A partir do conhecimento da composição de macrominerais, nos grãos das diferentes cultivares de feijão disponíveis para o cultivo, será possível indicar dietas específicas com fins nutricionais, terapêuticos e/ou preventivos, pois vários benefícios à saúde estão associados à utilização do feijão na alimentação (GEIL e ANDERSON, 1994). Assim, no tratamento da osteoporose, causada pela deficiência de cálcio no organismo (FRANCO 1999), poder-se-á estimular o consumo de uma cultivar de feijão com alto teor de cálcio. De maneira similar, problemas relacionados à deficiência de potássio, que provoca hipertensão arterial (SATHE et al., 1984), poderão ser minimizados por meio de dieta formulada com cultivar de feijão de alto teor de potássio. Por sua vez, Louis e Dolan (1970) recomendaram restrição de potássio na alimentação, quando houver o diagnóstico de comprometimento renal. Nesse caso, a prescrição adequada de uma dieta deverá ser baseada no profundo conhecimento da composição química do alimento e no quadro de saúde do indivíduo.

Para tanto, será preciso identificar cultivares de feijão com teores elevados ou baixos de macrominerais, independentemente do ambiente de cultivo. Isso porque as qualidades nutricionais e tecnológicas do feijão são determinadas pelo genótipo e influenciadas pelas condições do ambiente durante o desenvolvimento da planta e dos grãos (DALLA CORTE et al., 2003; LEMOS et al., 2004). Presença de interação cultivar x local significativa foi observada para teor de fósforo, potássio e cálcio em cultivares de feijão em cultivo na África (BARAMPAMA e SIMARD, 1993).

Sendo assim, os objetivos desse trabalho foram avaliar a composição de macrominerais em grãos de cultivares de feijão desenvolvidas pela pesquisa no Brasil, investigar a presença de interação cultivares x locais de cultivo sobre os teores de minerais, além de identificar cultivares de feijão para uso direto na alimentação ou em cruzamentos dirigidos em programas de melhoramento.

Material e Métodos

Os grãos de feijão foram obtidos na safra agrícola de 2004/2005, em áreas experimentais dos Programas de Melhoramento de Feijão da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, e da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Em Santa Maria, o experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia, da UFSM, na região da depressão central do RS, a 95 m de altitude, latitude 29°42'S e longitude 53°43'W. O clima da região é do tipo Cfa, temperado chuvoso, com chuvas bem distribuídas ao longo dos anos, e subtropical do ponto de vista térmico. O solo é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado alítico típico, pertencente à unidade de mapeamento Santa Maria, com a seguinte composição química: pH (H₂O): 5,8; matéria orgânica: 1,9 %; fósforo: 15,3 mg dm⁻³; potássio: 84 mg dm⁻³; cálcio: 5,8 cmol_c dm⁻³; magnésio: 2,4 cmol_c dm⁻³; enxofre: 11,6 mg dm⁻³.

Em Pelotas, o experimento foi conduzido em área da Embrapa Clima Temperado, na região sul do Estado do RS, a 17 m de altitude, latitude 31°7'S e longitude 52°1'W. O clima também é subtropical do tipo Cfa e o solo da região é caracterizado como Cambissolo Háplico distrófico típico e apresentava pH (H₂O): 5,1; matéria orgânica: 3,5 %; fósforo: 9,3 mg dm⁻³; potássio: 48 mg dm⁻³; cálcio: 5,4 cmol_c dm⁻³; magnésio: 1,2 cmol_c dm⁻³; enxofre: 16,8 mg dm⁻³.

O solo foi preparado de maneira convencional e a adubação foi realizada de acordo com a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004). Em Santa Maria, utilizou-se 250 kg ha⁻¹ de NPK, da fórmula 5-20-20, que foi incorporado por ocasião da semeadura. A adubação nitrogenada de cobertura foi parcelada em duas aplicações de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de ureia, nos estádios vegetativos de primeira e de terceira folhas trifolioladas, V3 e V4, respectivamente. Em Pelotas, aplicou-se 300 kg ha⁻¹ da fórmula 10-30-10, não sendo necessária a adubação de cobertura com nitrogênio. O controle de insetos foi realizado com a aplicação de Metamidofós e o controle de plantas invasoras foi manual e efetuado sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição.

O delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, foi utilizado em ambos locais e 19 cultivares de feijão foram avaliadas: IAPAR 44, BRS Expedito, Guateian 6662, Diamante Negro, Macotaço, TPS Nobre, FTS Soberano, Macanudo, TPS Bionobre, Rio Tibagi, BRS Valente, Minuano, Guapo Brilhante, Carioca, Pérola, FTS Magnífico, TPS Bonito, IAPAR 31 e Iraí.

As parcelas foram compostas de quatro fileiras de quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,50 m. A área útil da parcela consistiu das duas fileiras centrais, nas quais se desprezaram 0,50 m das extremidades, totalizando 3,0 m² por unidade experimental. A colheita e a trilha das plantas foram realizadas manualmente na maturação. Após a retirada das impurezas, os grãos foram secados ao sol e em estufa (65 a 70°C), até umidade média de 13 %, quando se determinou o rendimento de grãos.

Amostras de 100 g de grãos das unidades experimentais foram tomadas ao acaso e moídas em moinho até a obtenção de partículas inferiores a 1 mm. Logo após, foram armazenadas em potes plásticos, devidamente identificadas, e conservadas sob refrigeração até o momento da realização das análises de minerais.

Os minerais foram quantificados no Laboratório de Ecologia Florestal (LABEFLO) da UFSM. A digestão sulfúrica foi realizada para a determinação de nitrogênio e a digestão nítrica-perclórica (HNO₃ + HClO₄, na proporção 3:1), para a quantificação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. O teor de nitrogênio foi avaliado pelo método de micro-Kjeldahl, em destilador Vapodest; o fósforo e o enxofre, por meio de espectrofotômetro UV-VIS, marca Único, modelo 2100, com comprimento de onda de 660 nm e de 420 nm, respectivamente; o potássio, por fotometria de chama; o cálcio e o magnésio, por leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, marca Perken Elmer, modelo Analyst 200, utilizando os seguintes comprimentos de onda: Ca: 422,7 nm e Mg: 285,2 nm. Os métodos aplicados para a digestão das amostras e para as dosagens dos minerais foram descritos por Miyazawa et al. (1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F a 5 % de probabilidade de erro, para testar as hipóteses dos efeitos principais de cultivares e de locais e da interação cultivares x locais. O efeito das cultivares foi considerado como fixo e o efeito de locais, aleatório. Em relação às variáveis com interação cultivares x locais significativa, efetuou-se a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott a 5 % de significância. O rendimento de grãos foi analisado

segundo o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, e os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, com duas repetições, em duplicata, devido ao alto custo das análises da composição química dos grãos. A análise de correlação linear de Pearson foi realizada com os dados médios de Santa Maria, de Pelotas e do conjunto de locais.

Resultados e Discussão

Na análise de variância obteve-se interação cultivares x locais significativa em relação aos teores de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, e rendimento de grãos, evidenciando resposta diferenciada das cultivares de feijão aos locais de avaliação (Tabela 1). Resultados semelhantes para fósforo, potássio e cálcio foram observados em Burundi para quatro cultivares de feijão obtidas em quatro diferentes locais (BARAMPAMA e SIMARD, 1993).

Com relação ao magnésio, não foram constatadas diferenças significativas para os efeitos principais - cultivares e locais - e para a interação cultivares x locais. O teor médio de magnésio foi de 0,14 g por 100 g de MS, inferior ao valor médio de 0,19 g por 100 g de MS obtido por Beebe et al. (2000) na avaliação de 1031 acessos de feijão cultivado que integram a coleção de germoplasma do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia.

Quanto ao enxofre, houve efeito significativo para locais, sendo obtido maior valor médio em Pelotas (0,14 g por 100 g de MS) do que em Santa Maria (0,12 g por 100 g de MS). Esses teores de enxofre foram inferiores à variação de 0,28 g a 0,47 g por 100g de MS que foi observada em cultivares e em linhagens de feijão, com grãos, predominantemente, de tegumento de cor (bege, vermelho, roxo, entre outros) em cultivo no Estado de Minas Gerais (MESQUITA et al., 2007). Esses resultados confirmaram a observação de Augustin et al. (1981), segundo a qual o teor de minerais apresenta variação com a coloração do tegumento de grãos.

Considerando os valores médios obtidos, pode-se afirmar que os grãos de feijão são constituídos em ordem decrescente por nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio, enxofre e cálcio (Tabela 1). Os valores observados são muito semelhantes aos relatados por Sathe et al. (1984), por Barampama e Simard (1993) e por Mesquita et al. (2007).

As cultivares que apresentaram maiores teores de nitrogênio foram IAPAR 44, BRS Expedito e Guateian 6662, em Santa Maria, e FTS Soberano e BRS Expedito, em Pelotas (Tabela 2). A amplitude

Tabela 1 - Análise de variância conjunta dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), em g por 100g de matéria seca, e rendimento de grãos de 19 cultivares de feijão avaliadas em Santa Maria e em Pelotas, RS

Fonte de variação	GL	Quadrado médio ⁽¹⁾					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivares (C)	18	20,0643 ^{ns}	0,2617 ^{ns}	1,8456 ^{ns}	0,0651 ^{ns}	0,0219 ^{ns}	0,0776 ^{ns}
Locais (L)	1	557,4472*	27,5162*	33,0265*	0,1841*	0,0526 ^{ns}	0,3995*
C x L	18	9,3259*	0,3567*	0,9700*	0,0314*	0,0191 ^{ns}	0,0435 ^{ns}
Resíduo	38	0,4489	0,1359	0,4079	0,0080	0,0201	0,0280
Média (g 100g de MS ⁻¹)		4,23	0,40	1,43	0,12	0,14	0,13
CVe (%)		1,58	9,12	4,45	7,63	10,45	12,95
CVg (%)		3,87	- ⁽²⁾	3,26	7,86	1,93	7,14
CVg/CVe		2,45	-	0,73	1,03	0,18	0,55
Rendimento (kg ha ⁻¹)							
Blocos/Ambiente	4	405165,72					
Cultivares (C)	18	246407,52 ^{ns}					
Locais (L)	1	942214,88 ^{ns}					
C x L	18	228962,33*					
Resíduo	72	38583,12					
Média		2061,95					
CVe (%)		9,53					
CVg (%)		2,62					
CVg:CVe		0,27					

⁽¹⁾ Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F; ^{ns} = não significativo.
CVe (%): coeficiente de variação experimental.
CVg (%): coeficiente de variação genético.
⁽²⁾ Estimativa da variância genética negativa.

dos teores de nitrogênio foi diferenciada nos dois municípios, sendo de 3,19 g a 4,40 g por 100 g de MS em Santa Maria e de 4,14 a 4,98 g por 100 g de MS em Pelotas.

Em relação ao fósforo, não foi observada diferença significativa entre as cultivares quando os grãos foram obtidos em Pelotas, mas variação de 0,35 g (IAPAR 31) a 0,53 g por 100 g de MS (Pérola) foi constatada em Santa Maria. As cultivares avaliadas estão dentro da faixa citada na literatura (BARAMPAMA e SIMARD, 1993; BEEBE et al., 2000; MESQUITA et al., 2007).

Quanto ao potássio, amplitude de 1,27 g (IAPAR 31) a 1,67 g por 100 g de MS (BRS Expedito) foi constatada em Santa Maria, e de 1,24 g (Minuano) a 1,49 g (Guateian 6662), em Pelotas. Os teores observados foram similares aos obtidos na Colômbia (BEEBE et al., 2000), superiores aos verificados em Burundi (BARAMPAMA e SIMARD, 1993) e inferiores aos observados em germoplasma de feijão em cultivo no Brasil (MESQUITA et al., 2007).

Como o potássio pode ser utilizado para controlar hipertensão arterial e minimizar problemas de excreção excessiva que prejudicam a saúde (SATHÉ et al., 1984), a cultivar BRS Expedito - superior em potássio nos dois locais de avaliação, poderia ser utilizada com fins preventivos ou terapêuticos na dieta. No entanto, quando houver o diagnóstico de comprometimento renal, deve-se evitar o consumo de grãos dessa cultivar, pois, nesse caso, a restrição de potássio na alimentação é recomendada por Louis e Dolan (1970).

O teste de Scott-Knott separou dois grupos para cálcio, em cada um dos locais de avaliação. Os teores de cálcio variaram de 0,09 g (TPS Bonito) a 0,14 g por 100 g de MS (Pérola), em Santa Maria, e de 0,10 g (IAPAR 31) a 0,15 g por 100 g de MS (Rio Tibagi), em Pelotas. Para esse macromineral, foi possível identificar cultivares com alto teor de cálcio – Macanudo, Rio Tibagi, TPS Nobre, BRS Expedito, TPS Bionobre e Carioca, independentemente do local do cultivo.

COMPOSIÇÃO DE MACROMINERAIS EM CULTIVARES DE FEIJÃO
E APLICAÇÕES PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO

Tabela 2 - Média dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio (em g por 100 g de matéria seca) e do rendimento de grãos (em kg ha⁻¹) de 19 cultivares de feijão avaliadas em Santa Maria (SM) e em Pelotas (PE), RS

Cultivar**	Nitrogênio			Fósforo			Potássio			Cálcio			Rendimento		
	SM*	PE*	Média	SM*	PE ^{ns}	Média	SM*	PE*	Média	SM*	PE*	Média	SM*	PE*	Média
IAPAR 44 ⁽¹⁾	4,40 a	4,73 b	4,57	0,51 a	0,38	0,45	1,66 a	1,36 b	1,51	0,11 b	0,11 b	0,11	1163 d	2023 b	1593
BRS Expedito ⁽²⁾	4,34 a	4,86 a	4,60	0,49 a	0,29	0,39	1,67 a	1,48 a	1,58	0,13 a	0,14 a	0,14	2014 b	2354 a	2184
Guatelian 6662 ⁽³⁾	4,29 a	4,59 b	4,44	0,46 a	0,33	0,39	1,54 b	1,49 a	1,52	0,13 a	0,10 b	0,12	1588 c	2148 b	1868
Diamante Negro ⁽⁴⁾	4,15 b	4,67 b	4,41	0,46 a	0,37	0,41	1,64 a	1,37 b	1,51	0,10 b	0,13 a	0,12	1710 c	2038 b	1874
Macotaço ⁽²⁾	4,13 b	4,38 c	4,26	0,46 a	0,34	0,40	1,43 c	1,38 b	1,41	0,09 b	0,11 b	0,10	1685 c	2037 b	1861
TPS Nobre ⁽⁵⁾	4,10 b	4,23 d	4,16	0,52 a	0,31	0,42	1,45 c	1,31 b	1,38	0,12 a	0,15 a	0,13	2212 b	2329 a	2270
FTS Soberano ⁽⁵⁾	4,04 c	4,98 a	4,51	0,50 a	0,39	0,44	1,47 c	1,32 b	1,40	0,13 a	0,11 b	0,12	2185 b	1920 b	2052
Macanudo ⁽²⁾	3,97 c	4,67 b	4,32	0,49 a	0,36	0,43	1,55 b	1,36 b	1,45	0,12 a	0,13 a	0,12	2163 b	2160 b	2161
TPS Bionobre ⁽⁵⁾	3,86 d	4,33 c	4,10	0,50 a	0,36	0,43	1,44 c	1,38 b	1,41	0,11 a	0,13 a	0,12	2136 b	2430 a	2283
Rio Tibagi ⁽³⁾	3,80 d	4,70 b	4,25	0,42 b	0,35	0,39	1,46 c	1,32 b	1,39	0,13 a	0,15 a	0,14	1572 c	2163 b	1868
BRS Valente ⁽⁴⁾	3,77 d	4,63 b	4,20	0,45 a	0,37	0,41	1,42 c	1,43 a	1,43	0,12 a	0,12 b	0,12	1994 b	2098 b	2046
Minuano ⁽²⁾	3,70 e	4,38 c	4,04	0,45 a	0,37	0,41	1,49 c	1,24 b	1,37	0,11 b	0,11 b	0,11	2013 b	2030 b	2021
Guapo Brilhante ⁽²⁾	3,64 e	4,44 c	4,04	0,41 b	0,37	0,39	1,37 d	1,32 b	1,35	0,10 b	0,10 b	0,10	2305 b	2090 b	2197
Grupo de cor															
Carioca ⁽⁶⁾	4,19 b	4,14 d	4,16	0,48 a	0,31	0,39	1,55 b	1,32 b	1,43	0,13 a	0,14 a	0,13	1844 c	2317 a	2080
Pérola ⁽⁴⁾	4,16 b	4,32 c	4,24	0,53 a	0,29	0,41	1,59 b	1,44 a	1,52	0,14 a	0,12 b	0,13	1710 c	2304 a	2007
FTS Magnífico ⁽⁵⁾	4,16 b	4,55 b	4,35	0,50 a	0,37	0,43	1,51 b	1,44 a	1,48	0,09 b	0,12 b	0,11	1999 b	1869 b	1934
TPS Bonito ⁽⁵⁾	3,78 d	4,56 b	4,17	0,47 a	0,32	0,39	1,53 b	1,34 b	1,43	0,09 b	0,11 b	0,10	2511 a	1822 b	2166
IAPAR 31 ⁽¹⁾	3,63 e	4,23 d	3,93	0,35 b	0,34	0,34	1,27 d	1,35 b	1,31	0,11 a	0,10 b	0,11	2004 b	2468 a	2236
Iraí ⁽³⁾	3,19 f	4,21 d	3,70	0,39 b	0,35	0,37	1,46 c	1,32 b	1,39	0,09 b	0,12 b	0,10	2644 a	2304 a	2474
Média	3,96	4,51	4,23	0,46	0,34	0,40	1,50	1,37	1,43	0,11	0,12	0,12	1971	2153	2062

*Médias não seguidas por mesmas letras na vertical diferem entre si, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Scott-Knott.^{ns} não significativo.

** Programa de Melhoramento obtentor/mantenedor da cultivar: ⁽¹⁾Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, PR. ⁽²⁾Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS. ⁽³⁾Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Porto Alegre, RS. ⁽⁴⁾Embrapa Arroz e Feijão (CNPAF), Goiânia, GO. ⁽⁵⁾Francisco Terasawa Sementes (FT), Ponta Grossa, PR. ⁽⁶⁾Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Campinas, SP.

Como o cálcio é constituinte dos ossos e dos dentes (FRANCO, 1999), a utilização dessas cultivares na dieta poderia prevenir ou minimizar os problemas decorrentes da osteoporose e da integridade da dentição da população. No entanto, há necessidade de que pesquisas mais aprofundadas comprovem esses efeitos. Uma extensa revisão, destacando os inúmeros benefícios à saúde que o uso do feijão na alimentação propicia, pode ser consultada em Geil e Anderson (1994).

Com relação ao rendimento de grãos, as cultivares que se destacaram em Santa Maria foram Iraí e TPS Bonito. Em Pelotas, por sua vez, as cultivares TPS Nobre, BRS Exedito, TPS Bionobre, Pérola, Carioca, Iraí e IAPAR 31 apresentaram os maiores valores para rendimento de grãos.

A identificação de cultivares de feijão com alto rendimento de grãos e alto teor de macrominerais é objetivo do melhoramento genético, para isso é preciso que haja correlação linear positiva entre essas características. Entretanto, coeficientes de correlação fenotípicos negativos e de baixa

magnitude foram obtidos entre o rendimento de grãos e os teores de minerais (Tabela 3). Nesse caso, incrementos no rendimento de grãos não proporcionaram maior teor de macrominerais nos grãos. No entanto, a falta de correlação positiva entre essas características não impede o lançamento de uma cultivar com maior teor de minerais e de produtividade similar ou inferior àquelas cultivares inscritas no Registro Nacional de Cultivares, no Ministério da Agricultura (RNC-MA). De acordo com a instrução normativa número 25, de 23 de maio de 2006 (BRASIL, 2006), o interessado poderá indicar a existência de característica importante que justifique a inclusão da nova cultivar no RNC. Nesse caso, a inscrição de uma nova cultivar de feijão com maior teor de minerais é justificável, devido ao maior valor nutritivo, mesmo que não tenha apresentado destacado potencial de produtividade de grãos.

Também é importante considerar que a existência de correlação linear positiva entre dois minerais possibilitaria a seleção de ambas características e um alimento com maior qualidade

Tabela 3 - Matriz de coeficientes de correlação fenotípica entre os caracteres rendimento de grãos (em kg ha⁻¹) e os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre (em g por 100 g de matéria seca) de 19 cultivares de feijão avaliadas em Santa Maria e em Pelotas, RS, e na média geral

Caráter	Santa Maria					
	Rendimento	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Nitrogênio	-0,67*					
Fósforo	-0,25	0,72*				
Potássio	-0,39	0,65*	0,62*			
Cálcio	-0,34	0,38	0,29	0,18		
Magnésio	-0,29	0,56*	0,63*	0,30	0,60*	
Enxofre	-0,41	0,30	0,38	0,22	-0,11	-0,05
	Pelotas					
Nitrogênio	-0,51*					
Fósforo	-0,47*	0,35				
Potássio	0,09	0,29	-0,32			
Cálcio	0,30	0,05	-0,28	-0,05		
Magnésio	-0,08	-0,03	0,10	-0,39	0,29	
Enxofre	-0,16	-0,17	0,42	-0,46*	-0,20	0,17
	Geral					
Nitrogênio	-0,18					
Fósforo	-0,42*	-0,38*				
Potássio	-0,39*	-0,16	0,67*			
Cálcio	-0,01	0,38*	-0,22	-0,13		
Magnésio	-0,06	0,32	-0,06	-0,21	0,44*	
Enxofre	-0,15	0,34*	-0,14	-0,29	-0,01	0,18

* Significativo pelo teste t, a 5 % de probabilidade de erro, com 17 graus de liberdade para os ambientes Pelotas e Santa Maria e com 36 graus de liberdade para o ambiente geral.

nutricional poderia ser disponibilizado. Assim, considerando os coeficientes de correlação obtidos entre os pares de minerais, observou-se que a magnitude e o sinal foram diferentes em Santa Maria e em Pelotas (Tabela 3). Como essas estimativas não foram consistentes nos locais de avaliação, pois foram observadas variações de sinal e de magnitude, não é possível fazer-se inferências no sentido de que essas associações foram de natureza genética. No entanto, considerando que várias correlações positivas e de alta magnitude foram observadas entre minerais determinados em acessos de origem Andina e Mesoamericana por Beebe et al. (2000), a hipótese de que a magnitude e o sinal dos coeficientes de correlação obtidos será dependente do germoplasma avaliado e do ambiente pode ser considerada.

A administração de dietas específicas com fins nutricionais, terapêuticos e/ou preventivos será possível a partir do conhecimento da composição de minerais nos alimentos. O grande desafio para o melhoramento genético está na identificação de cultivares de feijão com elevados teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e/ou enxofre, independentemente do ambiente de cultivo. Nesse sentido, a cultivar BRS Exedito é adequada para uso na alimentação e para o desenvolvimento de germoplasma de feijão com maior teor de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio. Essa cultivar poderá ser recomendada para aquelas dietas com necessidade de alto teor de minerais para suprir os requerimentos nutricionais diários. No entanto, considerando que os grãos das leguminosas são ricos em ácido fítico, um potente inibidor da absorção de ferro e da menor disponibilidade de zinco (LUCCA et al., 2002), a biodisponibilidade dos minerais precisa ser melhor investigada nessas cultivares de feijão.

Conclusões

Os grãos de feijão são constituídos em maior parte por nitrogênio, seguido de potássio, fósforo, magnésio, enxofre e cálcio.

Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio nos grãos de feijão são influenciados pela interação cultivares x locais.

A cultivar BRS Exedito contém altos teores de macrominerais, sendo indicada para a composição de dietas e para cruzamentos dirigidos em programas de melhoramento.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo aporte financeiro e pelas bolsas concedidas.

Referências

- AUGUSTIN, J.; BECK, C. B.; KALBFLEISH, G.; et al. Variation in the Vitamin and Mineral Content of Raw and Cooked Commercial *Phaseolus vulgaris* Classes. *Journal of Food Science*, Chicago, v.46, n.6, p.1701-1706, 1981.
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Nutrient Composition, Protein Quality and Antinutritional Factors of Some Varieties of Dry Beans (*Phaseolus vulgaris*) Grown in Burundi. *Food Chemistry*, Barking, v.47, n.2, p.159-167, 1993.
- BEEBE, S.; GONZALEZ, A.V.; RENGIFO, J. Research on Trace Minerals in the Common Bean. *Food and Nutrition Bulletin*, Boston, v. 21, n.4, p.387-391, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Requisitos Mínimos para Determinação do Valor de Cultivo e Uso de Feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a Inscrição no Registro Nacional de Cultivares – RCN. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 21 ago. 2006.
- COSTA, N.M.B.; LIBERATO, S.C. Biotecnologia na Nutrição e Saúde. In: COSTA, N.M.B.; BORÉM, A. (Eds.) Biotecnologia e Nutrição: Saiba como o DNA pode Enriquecer os Alimentos. São Paulo: Nobel, 2003. Cap.3. p.71-127.
- CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.
- CUNHA, D.F.; CUNHA, S.F.C. Microminerais In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. (Eds.). **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. Cap. 9. p.141-165.
- DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M.B.S.; et al. Environment Effect on Grain Quality in Early Common Bean Cultivars and Lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n.3, p.193-202, 2003.
- FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1999. 307 p.
- GEIL, P.B.; ANDERSON, J.W. Nutrition and Health Implications of Dry Beans: a Review. **Journal of the American College of Nutrition**, Clearwater, v.13, n.6, p.549-558, 1994.
- GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; PAREDES-LÓPEZ, O. Protein and Mineral Content of a Novel Collection of Wild and Weedy Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, n.13, p.1874-1881, 2000.
- LEMONS, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C. et al. Características Agronômicas e Tecnológicas de Genótipos de Feijão do Grupo Comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.319-326, 2004.
- LOUIS, C.J.; DOLAN, E.M. Removal of Potassium in Potatoes by Leaching. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v.57, n.1, p.42-43, 1970.

LUCCA, P.; HURREL, R.; POTRYKUS, I. Fighting Iron Deficiency Anemia with Iron-Rich Rice. **Journal of the American College of Nutrition**, Clearwater, v.21, n.3, p.184S-190S, 2002.

MESQUITA, F.R.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P. *et al.* Linhagens de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Composição Química e Digestibilidade Protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1114-1121, 2007.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T. *et al.* Análises Químicas de Tecido Vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed.). **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. p. 171-223.

SATHE, S.K.; DESHPANDE, S.S.; SALUNKHE, D.K. Dry Beans of Phaseolus. A Review, Part 2. Chemical Composition: Carbohydrates, Fiber, Minerals, Vitamins and Lipids. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.21, n.1, p.41-93, 1984..