

Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto

Alinne da Silva¹, Tamara Pereira², Cileide Maria Medeiros Coelho^{3*}, Jaime Antonio de Almeida⁴ e Catiline Schmitt⁴

¹Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ²Universidade do Oeste da Santa Catarina, Joaçaba, Santa Catarina, Brasil. ³Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Admar Gonzaga, 1346, 88034-001, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. ⁴Departamento de Solos, Centro Agroveterinário, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: cileide@cca.ufsc.br

RESUMO. O teor de fitato nos grãos está correlacionado com o suprimento de fósforo à planta, porém não se sabe quanto este teor responde à disponibilidade mais lenta do nutriente no solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pó de rocha, isolado ou combinado com esterco bovino, sobre: produtividade, teores de proteína, fósforo e fitato nos grãos de feijão. O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Em todas as parcelas, exceção ao tratamento com adubação convencional, foram adicionados pó de granito e fosfato natural. Os tratamentos foram constituídos de testemunha, adubação convencional, pó de basalto (2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 t ha⁻¹), esterco bovino e as mesmas doses de pó de basalto associadas com esterco bovino. No tratamento com adubação convencional, o teor de fósforo total no grão foi superior a testemunha. A ampliação das doses de pó de basalto proporcionou aumento no teor de fósforo nos grãos, mas o teor de fitato se manteve constante. O pó de basalto demonstrou ser uma alternativa para se manter níveis baixos de fósforo na forma de fitato nos grãos.

Palavras-chave: antinutriente, pó de rocha, fósforo.

ABSTRACT. Seed phytate and protein content in beans depending on the application of basalt powder. The content of phytate in the grains is correlated with the supply of phosphorus to the plant, but there is a lack of knowledge as to possible effect of slower availability of nutrients in the soil. The objectives of this study were to assess the effect of rock powder, alone or combined with cattle manure, on the productivity, levels of phosphorus, protein and phytate content in beans. The experiment was carried out in a randomized blocks design, with four replications. The treatments were control (limestone, granite and natural phosphate); conventional fertilization; powder basalt (2.5, 5.0, 10.0 and 20.0 ton. ha⁻¹); cattle manure, and doses of powder basalt with cattle manure. In the treatment with conventional fertilizer, the total phosphorus content in grain was higher than the control, but the application of powder of basalt did not show a difference significant. Increase in the doses of basalt powder increased the phosphorus content, but phytate content remained constant. Basalt powder proved to be an alternative to maintain low levels of phosphorus in the form of phytate in the grains.

Keywords: antinutrient, rock powder, phosphorus.

Introdução

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com aproximadamente três milhões de toneladas por ano e um consumo médio de 17,5 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ (WANDER, 2007). O consumo de grãos de feijão representa o fornecimento básico de proteínas, minerais, vitaminas e energia (BROUGHTON et al., 2003; SATHE, 2002).

No entanto, a presença de compostos antinutricionais pode comprometer o aproveitamento

destes nutrientes, a digestibilidade de proteínas e inibir a atividade de enzimas, particularmente o fitato (mio-inositol-hexaquisfosfato), que é a principal forma de armazenamento de fósforo nos grãos de cereais e leguminosas (REDDY et al., 1989), como ocorre em germes de milho em que o teor de ácido fítico apresenta-se entre 6,65 a 9,33% (FUKUJI et al., 2008), e, em grãos de feijão, entre 0,7 a 1,48% (COELHO et al., 2002), sendo considerado um antinutriente nos grãos pela sua interação com proteínas e sais minerais.

Pelo efeito antinutriente do fitato, torna-se importante estudar alternativas para diminuir o teor nos grãos. Sabe-se que o teor de fitato nos grãos está fortemente correlacionado com o suprimento de fósforo à planta e com o nível de fósforo inorgânico nas folhas (RABOY; DICKINSON, 1993). Considerando-se que os fertilizantes solúveis são aplicados ao solo geralmente em forma de sais, estes reagem rapidamente na solução do solo e estão prontamente disponíveis para ser absorvido pelas plantas, supondo-se que esta forma de fornecimento favorece ainda mais o processo de absorção e o teor de fitato nos grãos. Contudo, o que não se sabe é quanto o teor de fitato nos grãos responde à disponibilidade mais lenta dos nutrientes no solo.

Uma opção aos fertilizantes solúveis são as rochas, moídas e aplicadas ao solo na forma de pó, prática denominada *rochagem* (THEODORO; LEONARDOS, 2006), as quais apresentam o potencial de fornecer aos solos grande número de macronutrientes e micronutrientes (KNAPIK; ANGELO, 2007). O pó de rochas apresenta baixa velocidade de liberação de nutrientes quando comparado aos fertilizantes solúveis, contribuindo com o efeito residual por um longo período (HARLEY; GILKES, 2000), além de reduzir os custos de produção agrícola devido ao baixo custo de beneficiamento, pois envolve apenas a moagem das rochas, e apresenta boa distribuição em várias regiões do país.

A alteração do pó de rocha é um processo complexo, depende da composição química e mineralógica da rocha, granulometria, tempo de reação, fatores do solo como pH e atividade biológica (OSTERROHT, 2003). Os esterco animais, além de proporcionar melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo, fornecendo nutrientes, aumentando a capacidade de troca de cátions e o teor de matéria orgânica (HOFFMANN et al., 2001), apresentam microrganismos que produzem substâncias capazes de acelerar a decomposição da rocha, liberando os elementos dos minerais para o solo.

Considerando-se que o fornecimento de pó de rocha pode apresentar taxas de liberação lenta e gradual de nutrientes, espera-se que o fornecimento de fósforo também seja gradual, e que o teor de fitato nos grãos seja menor, podendo assim representar uma alternativa para se obter grãos de maior valor nutricional e com menor custo de produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de pó de rocha, isolado e combinado com esterco bovino, sobre os teores de fósforo, proteína e fitato nos grãos de feijão da cultivar Uirapuru.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Urupema, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas deste município são: 28°17'38" de latitude e 49°55'54" de longitude, com altitude média de 1425 m. O município apresenta clima mesotérmico úmido (Cfb) segundo o sistema de Köppen, sendo considerado chuvoso com a presença de invernos e verões brandos.

O basalto foi proveniente da pedreira Manjolinho, situada no município de Ponte-Alta no Estado de Santa Catarina. O basalto e o granito foram submetidos à moagem em moinho de martelo com grelhas de 0,8 mm de abertura e peneirados, utilizando-se apenas o material com granulometria inferior a 2 mm. A apatita foi adquirida com granulometria inferior a 0,053 mm.

O solo do experimento foi de classe Nitossolo Bruno (EMBRAPA, 2006) e apresentava textura muito argilosa, teor de 65% de argila no horizonte A, desenvolvido de basalto, pH 5,2. Por ocasião da instalação do experimento, o solo foi preparado por meio de uma aração com arado de discos e uma gradagem com grade leve. Em todas as parcelas, com exceção ao tratamento com adubação convencional, foram adicionados 1 t ha⁻¹ de pó de granito moído como fonte de potássio e 300 kg ha⁻¹ de fosfato natural de Araxá como fonte de fósforo, distribuídos homogeneamente em toda a área do experimento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da seguinte combinação: testemunha (granito e fosfato natural); adubação convencional (conforme recomendações à cultura); quatro doses crescentes de pó de basalto - 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 t ha⁻¹ (base seca); esterco bovino 4 t ha⁻¹ (base seca) e as mesmas doses de pó de basalto misturado ao esterco bovino. O tratamento com adubação convencional recebeu adubo nas quantidades 105 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e 30 kg ha⁻¹ de ureia, de acordo com as recomendações da CQFS-RS/SC (2004). Todos os tratamentos foram aplicados uniformemente sobre a superfície das parcelas e, posteriormente, incorporados na camada arável por meio de enxada rotativa.

Foram utilizadas sementes de feijão da cultivar IPR Uirapuru. A semeadura foi realizada em 20 de dezembro de 2006, manualmente, com 15 sementes por metro linear em parcelas constituídas por 6 fileiras de 2 m de comprimento, espaçadas com 0,5 m entre si.

O controle de plantas invasoras foi realizado por meio de capinas manuais.

As sementes foram colhidas na maturidade fisiológica, acondicionadas em sacos de papel, secas em estufa a 30°C por 72 horas e padronizadas para aproximadamente 12% de umidade. As avaliações realizadas foram: produtividade média de grãos; teor de fósforo total; teor de fitato; teor de proteína total e proteína solúvel.

A produtividade média do feijoeiro foi determinada pela colheita e pesagem dos grãos da área total de cada parcela (12 m²).

O conteúdo de fósforo total foi determinado por colorimetria a partir de digestão nitroperclórica, usando-se o método do metavanadato, o qual está baseado na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico, descrito por Malavolta et al. (1989).

A determinação de fitato foi realizada pelo método indireto de Latta e Eskin (1980), o qual se baseia na formação de um composto ferro-ácido-sulfossilicólico de coloração azul-escuro. Na presença de fitato, o ferro é deslocado, reduzindo-se a intensidade da coloração azul, realizando-se a leitura por colorimetria.

O teor de proteína total foi determinado pelo conteúdo de N total da amostra, em que % Proteína = N (%) x 6,25 de acordo com Kjeldahl (AOAC, 1995). A extração da proteína solúvel foi realizada, utilizando-se solução de NaCl 0,5 M, pH 2,4 e posterior quantificação das proteínas por meio da comparação com uma curva-padrão de BSA (fração 5 – soro de albumina bovino) de acordo com o método de Bradford (1976).

Para análise dos dados, procederam-se a análise de variância dos resultados e a comparação das médias dos tratamentos com a testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro para todas as características. Realizou-se análise de correlação para todas as características analisadas. Foi testada a análise de regressão de acordo as doses de basalto e as doses de basalto+esterco bovino, sendo considerada a testemunha como dose 0. A análise estatística foi realizada, utilizando-se o programa SAS (2007).

Tabela 1. Produtividade (kg ha⁻¹), teor de fósforo total (g kg⁻¹), proteína total (g kg⁻¹), proteína solúvel (g kg⁻¹) e fitato (g kg⁻¹) em grãos de feijão da cultivar Uirapuru nas safras 2006/2007.

Tratamentos	Produtividade	Proteína Total	Proteína Solúvel	Fósforo Total	Fitato
Testemunha	2.040 ^{ns}	196,9 ^{ns}	74,09 ^{ns}	3,0	7,17 ^{ns}
Adubo Solúvel	2.680	211,3	73,06	4,2*	5,64
2,5 t ha ⁻¹ Basalto	2.250	200,5	69,02	3,5	6,50
5,0 t ha ⁻¹ Basalto	2.610	200,5	72,36	3,2	6,75
10 t ha ⁻¹ Basalto	2.120	196,9	66,19	3,3	6,50
20 t ha ⁻¹ Basalto	2.120	202,3	82,41	3,5	6,75
4,0 t ha ⁻¹ Esterco Bovino	2.510	210,8	74,89	3,6	6,66
2,5 t ha ⁻¹ Basalto + 4,0 t ha ⁻¹ Esterco Bovino	2.370	204,2	66,98	3,4	6,86
5,0 t ha ⁻¹ Basalto + 4,0 t ha ⁻¹ Esterco Bovino	2.820	210,7	69,48	3,7	6,26
10 t ha ⁻¹ Basalto + 4,0 t ha ⁻¹ Esterco Bovino	2.480	207,8	66,96	3,6	7,43
20 t ha ⁻¹ Basalto + 4,0 t ha ⁻¹ Esterco Bovino	2.180	185,9	68,29	3,7	6,95
Média	2.380	202,5	71,25	3,5	6,70
CV (%)	28,96	5,54	6,07	11,82	14,01

*Significativo, ^{ns}não-significativo pelo teste de Dunnett (p < 0,05).

Resultados e discussão

A produtividade média obtida no experimento foi de 2.380 kg ha⁻¹ (Tabela 1), superior a encontrada por Gomes Junior et al. (2008) que obtiveram média de 2.239 kg ha⁻¹ para a cultivar IAC Carioca em Selvíria (Estado do Mato Grosso do Sul), mas inferior àquela obtida por Andreotti et al. (2005), que alcançaram uma média de 3.051 kg ha⁻¹ no município de Palotina, Estado do Paraná, para a cultivar Iapar 31. Tal rendimento de grãos obtido foi relativamente baixo, possivelmente pelas baixas temperaturas (17°C) observadas no município de Urupema durante a fase de florescimento pleno e formação das vagens, pois a temperatura ideal para a cultura do feijão, segundo Maluf et al. (2001), está entre 20 e 22°C.

Ao se comparar o rendimento obtido nos tratamentos que receberam pó de basalto e adubo solúvel com a testemunha, não se constataram diferenças significativas pelo teste de Dunnett (Tabela 1), o que reforça o uso de pó de basalto como alternativa para produção de grãos de feijão, pois o mesmo representa menor custo associado. Essa ausência de diferenças entre os tratamentos que receberam pó de basalto, adubo solúvel e a testemunha pode ter sido influenciada pelo alto poder tampão do solo utilizado.

Com relação ao teor de proteína total nos grãos, não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos em comparação com a testemunha (Tabela 1). Os teores de proteína total variaram entre 185,9 g kg⁻¹ (20 t ha⁻¹ basalto + 4,0 t ha⁻¹ de esterco bovino) e 211,3 g kg⁻¹ (adubo solúvel) (Tabela 1), semelhantes aos obtidos por Santalla et al. (1999) e Dalla Corte et al. (2003) que afirmam que as sementes de feijão comercial apresentam entre 200 a 270 g kg⁻¹, mas inferiores aos teores de proteína total encontrados em 21 linhagens de feijão e observou-se maior variação de proteína total no grão (223,4 a 362,8 g kg⁻¹) (MESQUITA et al., 2007).

O teor de proteína total não teve acréscimos significativos pela adição de esterco bovino, possivelmente porque grande parte do nitrogênio nos grãos de feijão se apresenta na forma de aminoácidos livres ou outros compostos não-proteicos. Em concordância com outros autores, o teor de proteína total nos grãos de feijão apresentou pequenas variações e acréscimos com o aumento da dose de N em cobertura (ANDRADE et al., 2004).

A análise de correlação entre todas as características analisadas revelou correlação significativa ($p < 0,05$) e positiva para proteína total e produtividade ($r = 0,32$) (Figura 1), indicando que, com o aumento do conteúdo de proteína, obteve-se maior produtividade dos grãos, em função das doses de pó de rocha isolado e associado ao esterco bovino. Contudo, a correlação positiva, encontrada entre o conteúdo de proteína total e produtividade neste estudo, foi diferente em relação aos resultados apresentados por Gomes et al. (2005). Apesar disto, sabe-se que o aumento dos níveis de fornecimento de nitrogênio em cobertura, em sistema de cultivo convencional, indica resposta positiva sobre a produtividade e os teores de proteína nos grãos (FARINELLI et al., 2006; SILVA et al., 2006).

A análise de correlação foi significativa ($p < 0,05$) e positiva também para os valores de proteína total e o teor de fósforo total ($r = 0,30$) (Figura 1), indicando que o aumento do conteúdo de fósforo total foi associado ao aumento no teor de proteína total nos grãos, de acordo com as doses de pó de rocha.

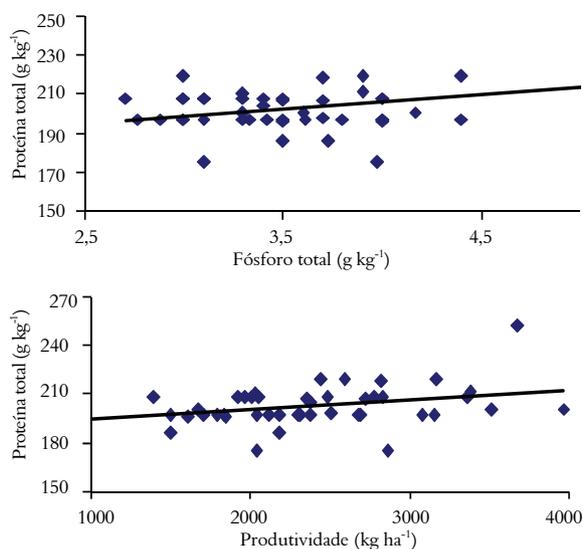


Figura 1. Correlação entre o teor de proteína total nos grãos (g kg^{-1}) e produtividade (kg ha^{-1}) do feijão, e entre o conteúdo de fósforo total e proteína total nos grãos de feijão (g kg^{-1}), em todos os tratamentos testados.

O teor de proteína solúvel não teve diferença significativa entre os tratamentos, mesmo quando comparada àquela dos tratamentos de pó de rocha isolado e ou associado com esterco em comparação com a testemunha, apesar de ser observada uma pequena variação entre $66,19 \text{ g kg}^{-1}$ (10 t de basalto) e $82,41 \text{ g kg}^{-1}$ (20 t de basalto) (Tabela 1).

O teor de fósforo total nos grãos, que apresentou $4,2 \text{ g kg}^{-1}$ no tratamento com adubo solúvel, demonstrou diferença significativa em relação a testemunha (Tabela 1). Este maior acúmulo de P nos grãos de feijão, verificado no tratamento com adubação convencional, possivelmente foi em função da maior rapidez na disponibilização dos nutrientes do fertilizante solúvel, ao contrário do P presente no pó de rochas, onde o nutriente encontra-se fazendo parte da sua composição mineralógica e não está de forma diretamente disponível para as plantas, devendo ser submetido aos processos naturais de desintegração física e decomposição química ou biológica para ser fonte de nutrientes para as culturas (VAN STRAATEN, 2002).

O conteúdo médio de P nos grãos de feijão de acordo com os tratamentos variou de $3,0$ a $4,2 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 1), valores similares aos apresentados por Beebe et al. (2000), que sugerem valor médio de $3,68 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo, para cultivares de feijão. Os resultados demonstraram que, apesar de o tratamento com adubo solúvel ter apresentado maior teor de fósforo em relação a testemunha, os tratamentos à base de pó de rocha promoveram aos grãos um conteúdo de fósforo similar aos encontrados por outros autores, utilizando adubação convencional.

Os tratamentos com pó de rochas associado ao esterco bovino se ajustaram no modelo de regressão linear, a qual apresentou R^2 próximo de $0,5$, revelando uma tendência de aumento do P no grão conforme o aumento das doses de pó de basalto associado ao esterco bovino (Figura 2). Sabe-se que a alteração do pó de rocha é um processo muito lento e complexo, que depende de fatores como a composição química e mineralógica da rocha, granulometria, tempo de reação, fatores do solo como pH e atividade biológica (OSTERROHT, 2003). O fato de o pó de rocha estar associado ao esterco bovino pode estar sendo o fator responsável pela tendência de aumento do P no grão, como se observa na Figura 2.

Em trabalho utilizando rocha vulcânica, em Mata da Corda, Estado de Minas Gerais, Theodoro e Leonardos (2006) avaliaram o potencial do pó de rocha em um solo arenoso derivado do sedimento Bambuí e verificaram aumento do pH e nos teores de P, Ca, Mg e K no solo após o primeiro ano, com tendência para

estabilizar-se e gradualmente diminuir após o segundo ano, permanecendo com teores maiores aos das parcelas que não receberam o pó mesmo após cinco anos da implantação do experimento. Ainda de acordo com os mesmos autores, observou-se que o uso adicional de composto orgânico foi vantajoso, mostrando-se que a combinação da fertilização orgânica e o pó de rocha podem cumprir com a maioria das exigências nutricionais para os macronutrientes e os micronutrientes.

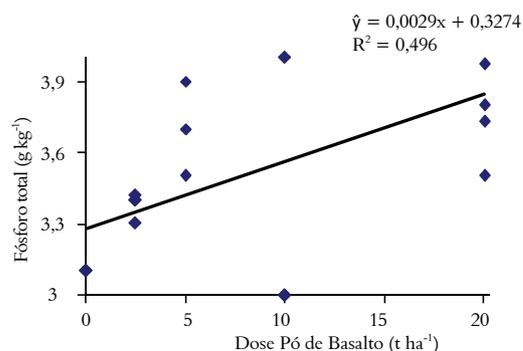


Figura 2. Efeito das doses crescentes de pó de basalto (t ha⁻¹) associado ao esterco bovino sobre o conteúdo de fósforo total (g kg⁻¹) nos grãos de feijão.

O fornecimento de pó de basalto em diferentes doses e demais tratamentos não proporcionou aumento no teor de fitato em relação a testemunha pelo teste de Dunnett (Tabela 1). Este resultado é importante nutricionalmente pela ausência de variações nos teores de fitato nos grãos de feijão, o que favorece o uso de pó de rochas como fonte de nutrientes para as plantas, no sentido de promover adequado suprimento destes para a cultura.

Os teores de fitato não se ajustaram a uma regressão linear em função das doses de pó de basalto isoladas e associadas ao esterco bovino, o que parece indicar que o fornecimento lento e gradual do P para o solo contribui para obtenção de grão com maior qualidade nutricional, pois o teor de fitato não apresenta tendência de aumentar com as doses de pó de rochas aplicada ao solo, fato positivo que deve receber atenção uma vez que a síntese de fitato é regulada pela quantidade de fósforo translocada para o grão, o que está diretamente relacionado com o teor de fósforo na solução do solo (COELHO et al., 2002, 2007; RABOY; DICKINSON, 1993).

O fitato, pela sua capacidade de interação com proteínas e sais minerais, pode diminuir o aproveitamento digestivo dos mesmos (REDDY et al., 1989), o que está diretamente relacionado à sua interação com proteínas, como demonstrado por Coelho et al. (2002), que encontraram a presença de alta correlação do fitato com as proteínas para a dose mais alta de fósforo.

O fato de não ter sido observada correlação do fitato e fósforo e do fitato e proteína total nos grãos pode ter ocorrido pelo uso do pó de basalto, o qual é uma fonte de liberação lenta de nutrientes, que demonstrou ser uma alternativa para se manter níveis mais baixos de fósforo na forma de fitato nos grãos e assim, indiretamente, diminuir-se a interação deste com minerais e proteínas. Além disto, o fitato não apresentou tendência de aumento com uso das doses de pó de basalto isoladas e associadas ao esterco, e o teor de fósforo conforme a regressão apresenta tendência de aumento pelas doses crescentes de pó de basalto associadas ao esterco (Figura 1). Portanto, a ideia de se reduzir o conteúdo de fitato sem se reduzir o conteúdo de P nos grãos foi favorecida com o uso do pó de rocha, o qual se mostrou alternativa viável a ser usada para adubação de feijoeiro.

Conclusão

Os tratamentos com pó de basalto isolado e associado ao esterco bovino não apresentaram diferenças significativas quando comparados com o tratamento-testemunha para todas as características analisadas, com exceção do tratamento com adubação convencional, no qual o teor de fósforo total no grão foi superior a testemunha.

O aumento das doses de pó de rochas proporcionou acréscimo no teor de fósforo nos grãos, mas o teor de fitato se manteve constante.

O pó de basalto demonstrou ser uma alternativa para se manter níveis baixos de fósforo na forma de fitato nos grãos, refletindo em maior valor nutricional.

Referências

- ANDREOTTI, M.; NAVA, I. A.; NETO, L. W.; GUIMARÃES, V. F.; JÚNIOR, E. F. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na 'safra das águas'. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 595-602, 2005.
- ANDRADE, C. A. B.; PATRONI, S. M. S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C. A. Produtividade e qualidade nutricional de cultivares de feijão em diferentes adubações. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 1077-1086, 2004.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Washington, D.C.: AOAC, 1995.
- BEEBE, S.; GONZALEZ, A. V.; RENGIFO, J. Research on trace minerals the common bean. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 21, n. 1, p. 387-391, 2000.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye banding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 3, p. 248-259, 1976.

- BROUGHTON, W. G.; HERNÁNDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. **Plant and Soil**, v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.
- COELHO, C. M. M.; SANTOS, J. C. P.; TSAI, S. M.; VITORELLO, V. A. Seed phytate content and phosphorus uptake and distribution in dry bean genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 1, p. 51-58, 2002.
- COELHO, C. M. M.; BELLATO, C. M.; SANTOS, J. C. P.; ORTEGA, E. M. M.; TSAI, S. M. Effect of phytate and storage conditions on the development of the hard to cook phenomenon in common beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 7, p. 1237-1243, 2007.
- CQFS-RS/SC-Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, UFRGS, 2004.
- DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 2006.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de solo e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 102-109, 2006.
- FUKUJI, T. S.; FERREIRA, D. L.; SOARES, A. L.; PRETE, C. E. C.; IDA, E. I. Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 31-35, 2008.
- GOMES JÚNIOR, F. G. J.; SÁ, M. E.; MURAISHI, C. T. Adubação nitrogenada no feijoeiro em sistema de semeadura direta e preparo convencional do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 673-680, 2008.
- GOMES, F. G. J.; LIMA, E. R.; LEAL, A. J. F.; MATOS, F. A.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.
- HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 56, n. 1, p. 11-36, 2000.
- HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U. B.; MANÉ-BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 86, n. 3, p. 263-275, 2001.
- KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Prunus sellowii* Koehne em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 257-264, 2007.
- LATTA, M.; ESKIN, M. A simple method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.
- MALUF, J. R. T.; CUNHA, G. R.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 468-476, 2001.
- MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 1114-1121, 2007.
- OSTERROHT, M. V. Rochagem Para Que? **Agroecologia Hoje**, v. 20, n. 4, p. 12-15, 2003.
- RABOY, V.; DICKINSON, D. B. Phytic acid levels in seeds of *Glycine max* and *Glycine soja* as influenced by phosphorus status. **Crop Science**, v. 33, n. 1, p. 1300-1305, 1993.
- REDDY, N. R.; PIERSON, M. D.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. **Phytates in cereals and legumes**. Boca Raton: CRC Press, 1989.
- SAS-Statistical analysis system. **Getting started with the SAS leaning edition**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2007.
- SANTALLA, M.; RODIÑO, A. P.; RON, A. M. D. Breeding for culinary and nutritional quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in intercropping systems with maize (*Zea mays* L.). **Biotechnologie Agronomie Societe et Environment**, v. 3, n. 1, p. 225-229, 1999.
- SATHE, S. K. Dry bean protein functionality (Review). **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.
- SILVA, T. R. B.; LEMOS, R. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 739-745, 2006.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 721-730, 2006.
- VAN STRAATEN, P. **Rocks for crops: agrominerals of Sub-Saharan Africa**. Kenya: Icrat, 2002.
- WANDER, A. E. Produção e consumo de feijão no Brasil, 1975-2005. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 2, p. 7-21, 2007.

Received on November 26, 2008.

Accepted on March 27, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.