



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

da Silva, Alinne; Almeida, Jaime A; Schmitt, Catilene; do Amarante, Cassandro V. T.
Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto
Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 7, núm. 4, octubre-diciembre, 2012, pp. 548-554
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119024993002>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.4, p.548-554, out.-dez., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i4a1491

Protocolo 1491 - 22/04/2011 • Aprovado em 06/03/2012

Alinne da Silva^{1,4}

Jaime A. Almeida²

Catiline Schmitt^{3,5}

Cassandro V. T. do Amarante^{2,6}

Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da cultura do feijão e as alterações nas características químicas do solo, pela aplicação de pó de basalto. O experimento foi conduzido em um Nitossolo Bruno no município de Urupema, SC, em delineamento inteiramente casualizado, constituído dos seguintes tratamentos: controle, adubação convencional, pó de basalto nas doses 2,5 - 5 - 10 e 20 t ha⁻¹, esterco bovino e as mesmas doses de pó de basalto associadas a esterco bovino. Não foram verificadas diferenças entre os tratamentos para o pH, Al trocável, teores de matéria orgânica, P, Ca, Mg nem para Si do solo. O valor de K do solo foi maior no tratamento com adubo solúvel em relação ao tratamento controle. Não se observaram diferenças entre os tratamentos para a produtividade do feijoeiro nem os teores de N, P, K, Ca, Mg, Si, Cu, Zn, Fe e Mn nas folhas das plantas não foram alterados pela aplicação do pó de basalto nos dois cultivos avaliados.

Palavras-chave: fontes de nutrientes, minerais, rochagem

Soil fertility and growth of common bean in response to fertilization with basalt powder

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of bean crop and changes in soil chemical properties by application of powdered basalt. The experiment was carried in Urupema (SC) in a completely randomized design, with the following treatments: control, conventional fertilization, basalt powder at rates of 2.5, 5, 10 and 20 t ha⁻¹, cattle manure and the same doses of powdered basalt associated with cattle manure. Differences between treatments for soil pH, exchangeable Al, organic matter, P, Ca, Mg and Si were not found. The value of K was higher in soil treated with soluble fertilizer in relation to the control treatment. No differences were observed among treatments for yield and plant height, and the contents of N, P, K, Ca, Mg, Si, Cu, Zn, Fe, Mn were not affected by the application of basalt powder in two crops.

Key words: nutrient sources, minerals, stone meal

1 Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Av. Centenário, 303, CEP 13400-970, Piracicaba-SP, Brasil. Fone: (19) 3429-4616 Ramal 4721. E-mail: alinnesilva2000@yahoo.com.br.

2 Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages-SC, Brasil. Fone: (49) 2101-9234. E-mail: a2ja@uv.udesc.br; amarante@cav.udesc.br

3 Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre-RS, Brasil. Fone: (51) 3308-6852. E-mail: s_katiline@yahoo.com.br

4 Bolsista de Pós-doutorado do CNPq

5 Bolsista de Doutorado do CNPq

6 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com produção prevista em 3.645,8 mil toneladas e rendimento médio de 841,6 kg ha⁻¹ para a safra 2010/2011 (Conab, 2011). Cultivado por pequenos e grandes produtores em todas as regiões, o feijão é considerado uma planta exigente em nutrientes, em função do sistema radicular superficial e do ciclo curto, sendo que os níveis adequados dos macronutrientes nas folhas do feijoeiro se encontram na faixa de 52 - 24 g kg⁻¹ para o nitrogênio, 4,0 – 6,0 g kg⁻¹ para o fósforo e 15 - 35 g kg⁻¹ para o potássio (Malavolta, 2006).

Deste modo, é necessário para a cultura manifestar seu potencial produtivo, que os elementos essenciais estejam disponíveis no solo para serem absorvidos. Considerando a baixa fertilidade da maioria dos solos brasileiros, as práticas de calagem e adubação são indispensáveis para fornecer nutrientes que não estão em concentrações satisfatórias para atender às necessidades das plantas. Contudo, a utilização dos insumos naturais surge como alternativa, a exemplo das rochas aplicadas ao solo, como pôs, devido aos elevados custos dos fertilizantes solúveis, prática denominada rochagem.

As rochas são constituídas por uma grande diversidade de minerais porém os elementos que fazem parte da sua composição mineralógica não estão diretamente disponíveis para as plantas devendo ser submetidos a processos de intemperismo para só então serem fontes de nutrientes (Straaten, 2002).

Leonardos et al. (1987) e Resende et al. (2007) indicaram, para a prática da rochagem, o basalto, rocha básica de origem vulcânica, com granulação fina (afanítica) sendo os principais constituintes minerais silicatos do grupo dos piroxênios e plagioclásios, pouco resistentes ao intemperismo químico e que podem tornar fontes de Ca, Mg e micronutrientes.

A eficácia do pô de rocha como fonte de nutrientes para o solo é questionada devido à baixa solubilidade e à necessidade da aplicação de grandes quantidades para se alcançar respostas positivas (Bolland & Baker, 2000).

Vários autores têm relatado, entretanto, resultados benéficos pela aplicação desse material, como Theodoro & Leonardos (2006) que avaliaram o potencial de uma rocha vulcânica em um solo arenoso e constataram aumento do pH e dos teores de Ca, Mg, P e K após o primeiro ano, com tendência a diminuir mas permanecendo com teores maiores aos das parcelas que não receberam o pô, mesmo após cinco anos da implantação do experimento.

Ferreira et al. (2009) avaliaram o potencial do pô de basalto como fonte de nutrientes para o feijoeiro em um Cambisso Húmico e verificaram, após o primeiro ano, que todos os tratamentos com pô de basalto e esterco bovino proporcionaram produtividades similares às dos tratamentos com calcário e com adubo convencional.

Os estercos animais podem servir como fonte de nutrientes para o solo (Kiehl, 1985) e, devido à atividade dos micro-organismos podem, quando aplicados junto com o pô de basalto, interferir na liberação dos elementos que fazem parte da composição mineralógica da rocha.

Em virtude da necessidade de se avaliar a eficácia do uso do pô de basalto como fonte de nutrientes para as plantas

cultivadas e o efeito da adição de estercos animais sobre a dissolução das rochas moídas, o objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito das doses de pô de basalto associadas ou não ao esterco bovino, comparadas ao tratamento controle, que não recebeu pô de basalto sobre algumas características químicas do solo, na nutrição e produtividade do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Urupema, SC, (27° 57'10" S e 49° 52' 23" O) com altitude média de 1350 m. O solo utilizado foi classificado como Nitossolo Bruno (Embrapa, 2006) desenvolvido de basalto e apresentando textura muito argilosa, com teor de argila no horizonte A, de 65%.

Antes da instalação do experimento a área era destinada à pecuária extensiva e apresentava as seguintes características: pH em água = 4,7, pH SMP = 5,0, P Mehlich-1 = 1,0 mg dm⁻³, K = 161 mg dm⁻³, Al³⁺ = 2,7 cmol_c dm⁻³, Ca = 1,6 cmol_c dm⁻³ e Mg = 1,0 cmol_c dm⁻³. Por ocasião da instalação do experimento o solo foi preparado com uma aração e uma gradagem. Em todas as parcelas o pH foi elevado a 5,2 com base na determinação do pH SMP (Almeida et al., 1999).

Com exceção do tratamento com adubação convencional foram adicionados, nos demais, inclusive no tratamento controle, 1 t ha⁻¹ de pô de granito feldspático como fonte de K e 300 kg ha⁻¹ de fosfato natural de Araxá como fonte de P, distribuídos homogeneamente em toda a área do experimento apesar dessas operações o solo passou a ter as seguintes características: pH em água = 5,2, Al³⁺ = 0,86 cmol_c dm⁻³, K = 164,17 mg dm⁻³, P Mehlich-1 = 45,58 mg dm⁻³, Ca = 8,34 cmol_c dm⁻³ e Mg = 1,45 cmol_c dm⁻³.

Avaliou-se o potencial de utilização do basalto proveniente da pedreira Manjolinho, situada em Ponte Alta, SC. Em laudo técnico de análise petrográfica fornecido pela pedreira, constatou-se que o basalto é do tipo meláfiro, apresentando relevante estado de argilização, com formação de óxidos de ferro por toda a sua porção central além de estrutura maciça contendo plagioclásios do tipo labradorita ($\text{Na}_{0,5-0,3}\text{Ca}_{0,5-0,7}$) $\text{Al}(\text{Al}_{0,5-0,7}\text{Si}_{0,5-0,3})\text{Si}_2\text{O}_8$, clinopiroxênio do tipo augita (Ca, Mg, Al)₂(Si, Al)₂O₆, opacos de pirita (FeS₂), ilmenita (FeTiO₂) e óxidos de ferro.

O basalto foi recolhido na forma de brita, submetido a moagem em moinho de martelo e posteriormente passado em peneira com malha de 2 mm de abertura. Os teores de elementos da referida rocha foram quantificados após digestão por fusão total em laboratório com controle de qualidade internacional, no Canadá (Actlabs) cujos resultados estão indicados na Tabela 1.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da seguinte combinação: controle com pô de granito (1 t ha⁻¹) e fosfato natural (300 kg ha⁻¹) (controle); adubação convencional com NPK (AC); quatro doses de pô de basalto associados ao pô de granito (1 t ha⁻¹) e ao fosfato natural (300 kg ha⁻¹); (PB): 2,5, 5,0, 10,0 e 20,0 t ha⁻¹; esterco bovino (EB) (4 t ha⁻¹ base seca) e as mesmas doses de pô de basalto associados ao esterco bovino (4 t ha⁻¹ base seca), pô de granito e fosfato natural (PB+EB).

Tabela 1. Teores de elementos presentes no basalto utilizado no experimento

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO (dag kg ⁻¹)	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
Ba	Sr	Y	Sc	Zr	Be (mg kg ⁻¹)	V	As	Co	Mo	Massa
568	720	32	23	257	2	347	<0,5	40	<5	1,42
Cd	Cu	Ni	Zn	S	Ag	Pb				
				(mg kg ⁻¹)						
<0,5	184	66	100	0,004	<0,3	<5				

O tratamento com adubação convencional recebeu adubo nas quantidades 105 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N, de acordo com as recomendações para a cultura (CQFS-RS/SC, 2004). Todos os tratamentos foram aplicados uniformemente sobre a superfície das parcelas e incorporados ao solo através de enxada rotativa; cada parcela experimental correspondeu a uma área total de 12 m².

Foram utilizadas sementes de feijão comum da cultivar IPR Uirapuru. A semeadura foi realizada em dezembro de 2006 e 2007, manualmente, com 15 sementes por metro linear em parcelas constituídas por seis fileiras de 2 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre si. O controle de plantas invasoras foi realizado por meio de capinas manuais. Após o primeiro cultivo o centeio foi semeado e mantido como cobertura sobre toda a área experimental.

O rendimento de grãos foi determinado pela colheita e pesagem dos grãos da área total de cada parcela; a altura das plantas foi tomada com uma régua. O estado nutricional do feijão foi avaliado pela coleta aleatória das folhas medianas com pecíolo de 10 plantas por parcela, no início do florescimento (CQFS-RS/SC, 2004).

As folhas foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas, moídas em moinho de faca tipo Wiley e submetidas a tamisagem em peneira de 1 mm. Determinou-se a concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e silício (Si) de acordo com metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

A fertilidade do solo foi avaliada após um ano da instalação do experimento. As amostras de cada parcela experimental foram coletadas na camada de 0,10 m com trado holandês e

submetidas às seguintes determinações: acidez ativa, pela determinação do pH em água, P, K, Ca e Mg trocáveis, Al trocável, matéria orgânica (M.O.) e Si, de acordo com metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e, quando significativos, todos os tratamentos foram comparados com o tratamento testemunha pelo teste Duncan ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do pó de basalto sobre a fertilidade do solo

Não foram verificadas diferenças entre os tratamentos comparados para pH, Al trocável, matéria orgânica, P, Ca, Mg e Si do solo após um ano da instalação do experimento (Tabela 2). O teor de K no tratamento que recebeu adubação convencional foi maior em relação ao do controle pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) (Tabela 2).

O pH, que foi corrigido para 5,2 antes da instalação do experimento, passou a apresentar valor de 5,29 (médias dos quatro tratamentos com PB) e 5,42 (médias dos quatro tratamentos com PB + EB) porém sem diferenças significativas (Tabela 2). Apesar de possuir altos teores de cátions de caráter básico na sua composição (Tabela 1), o pó de basalto não contribuiu para a elevação do pH após um ano da instalação do experimento, o que pode ser atribuído ao elevado poder tampão do solo visto que o uso do pó de basalto na correção da acidez em solos com alto poder tampão, é pouco provável, uma vez que são necessárias altas doses (Kudla et al. 1996).

Por outro lado, Knapik & Angelo (2007) observaram elevação do pH do solo pela aplicação de pó de basalto em

Tabela 2. Valores de pH, teores de M.O. (g dm⁻³), P, K (mg dm⁻³), Al, Ca, Mg (cmol_c dm⁻³) e Si (mg kg⁻¹) do solo após um ano da instalação do experimento

Tratamentos	pH-H ₂ O	Al	M.O.	P	K	Ca	Mg	Si
Controle	5,21	0,86	54,4	45,58	164,17	8,34	1,45	9,02
AC	5,36	0,55	55,1	54,04	291,13*	7,77	1,52	9,68
2,5 t ha ⁻¹ PB	5,31	0,78	55,5	45,89	196,00	8,10	1,58	9,25
5,0 t ha ⁻¹ PB	5,30	0,76	57,3	58,03	210,33	7,23	1,48	10,05
10,0 t ha ⁻¹ PB	5,36	0,63	56,2	46,53	236,65	7,83	1,74	9,92
20,0 t ha ⁻¹ PB	5,20	0,86	56,2	46,11	185,83	7,62	1,31	9,37
4,0 t ha ⁻¹ EB	5,40	0,79	54,7	53,95	230,63	7,35	1,63	8,51
2,5 t ha ⁻¹ PB + 4,0 t ha ⁻¹ EB	5,48	0,40	58,2	59,54	253,75	8,31	1,92	7,96
5,0 t ha ⁻¹ PB + 4,0 t ha ⁻¹ EB	5,38	0,58	56,0	53,99	220,25	7,89	1,75	7,37
10,0 t ha ⁻¹ PB + 4,0 t ha ⁻¹ EB	5,38	0,68	58,0	64,69	200,67	6,72	1,59	8,28
20,0 t ha ⁻¹ PB + 4,0 t ha ⁻¹ EB	5,44	1,00	56,9	52,34	215,63	7,80	1,73	7,74
CV (%)	2,77	66,50	10,00	18,03	22,60	11,44	21,57	

Médias seguidas de * diferem pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$)

PB: Pó de basalto; AC: adubação convencional; EB: Esterco bovino

comparação com adubações convencionais, em um trabalho no qual estudaram o crescimento de mudas de *Prunus sellowii* Koehne. Os autores atribuíram este resultado às maiores quantidades de Ca e Mg adicionadas pelo pó de basalto.

Devido à aplicação de calcário em toda a área do experimento para elevar o pH a 5,2, nenhum dos tratamentos apresentou diferenças para o Al trocável (Tabela 2) pois, segundo Almeida et al. (1999), a elevação do pH para 5,2, além de exigir menor quantidade de calcário é capaz de promover redução nos valores de Al trocável do solo.

Em virtude da calagem, os valores de Ca e Mg também não apresentaram aumento significativo pela aplicação de nenhuma dose do pó de basalto, haja vista que o calcário dolomítico aplicado em toda a área para a correção do pH, foi a principal fonte de Ca e Mg para o solo, embora esses elementos estejam presentes nos minerais constituintes do basalto (Tabela 1).

A calagem do solo pode, ainda, ter sido um dos fatores que influenciaram na mineralização da matéria orgânica do solo em todos os tratamentos, pois não foram verificadas diferenças entre eles no teor dessa variável nem mesmo nos tratamentos que receberam 4 t ha⁻¹ de esterco bovino, que apresentaram valor médio de 57,3 g dm⁻³ em relação ao controle que apresentou 54,4 g dm⁻³ (Tabela 2). Para que ocorra aumento significativo nos níveis de matéria orgânica do solo é necessária a incorporação de quantidades elevadas de resíduos orgânicos (Ernani & Gianello, 1983).

O esterco bovino não contribuiu para a dissolução dos minerais adicionados ao solo pelo pó de rocha após um ano, visto que os teores de P, K, Ca, Mg e Si não aumentaram com a adição de 4 t ha⁻¹ (Tabela 2).

Os valores de P no solo apresentaram valores altos, média de 52,66 mg dm⁻³, em todos os tratamentos, devido ao fosfato natural o qual, inclusive, foi aplicado no tratamento controle que apresentou 45,58 mg dm⁻³. Entretanto, esses resultados devem ser interpretados com cautela uma vez que foi utilizado o extrator Mehlich - 1, constituído de uma mistura diluída de ácidos. A extração do P por Mehlich - 1 tem a característica de superestimar a concentração do elemento em solos onde foram aplicados fosfatos naturais (Novais & Smyth, 1999).

O teor de K no solo do tratamento com adubação convencional, 291,13 mg dm⁻³, foi maior que o do controle, 164,17 mg dm⁻³, devido à aplicação de KCl, uma fonte solúvel de K (Tabela 2); já os tratamentos com aplicação de PB e PB + EB não diferiram em relação ao tratamento controle, que havia recebido pó de granito como fonte de K.

A aplicação de pó de granito pode ter uniformizado os teores do elemento em todos os tratamentos que receberam o material, embora os minerais que fazem parte da composição do granito sejam mais resistentes ao intemperismo quando comparados aos do basalto. Fragstein et al. (1988) observaram que as rochas basálticas apresentam taxas de liberação de elementos minerais mais rápidas quando comparadas com o granito. A granulometria também tem grande influência pois, quanto maior a área superficial exposta ao ataque dos agentes químicos e biológicos do intemperismo, mais rápida é a alteração do material favorecendo, portanto, o basalto, rocha de textura afanítica, em relação ao granito, rocha de textura fanerítica.

Escosteguy & Klamt (1998) observaram aumentos na concentração de K e Ca em um Latossolo Vermelho, pela aplicação de pó de basalto (100 t.ha⁻¹) incubado durante 300 dias, sendo que as concentrações de K foram maiores com o aumento do período de incubação.

O Si é o elemento presente em maior quantidade no basalto (50,37 %) (Tabela 1); apesar disto, não se verificou aumento no teor deste elemento nos tratamentos que receberam o pó de rocha.

Efeito do pó de basalto sobre o desenvolvimento e a nutrição do feijão

Não foram observadas diferenças para a produtividade e altura de plantas do feijoeiro entre os tratamentos comparados pelo teste de F ($p \leq 0,05$). O tratamento com adubação convencional, embora fornecendo os elementos N, P e K em formas prontamente solúveis para a cultura, não apresentou rendimento superior comparado ao tratamento controle e aos tratamentos com aplicação do pó de basalto (Tabela 3).

Tabela 3. Rendimento de grãos do feijoeiro (t ha⁻¹) na safra de 2005/06 e 2006/07

Tratamentos	2005/06	2006/07
Controle	3,98	2,04
AC	4,98	2,68
2,5 t ha ⁻¹ PB	4,35	2,25
5,0 t ha ⁻¹ PB	4,41	2,61
10,0 t ha ⁻¹ PB	4,17	2,12
20,0 t ha ⁻¹ PB	4,70	2,12
4,0 t ha ⁻¹ EB	4,26	2,51
2,5 t ha ⁻¹ PB + 4,0 t ha ⁻¹ EB	4,26	2,37
5,0 t ha ⁻¹ PB + 4,0 t ha ⁻¹ EB	4,01	2,82
10,0 t ha ⁻¹ PB + 4,0 t ha ⁻¹ EB	4,17	2,48
20,0 t ha ⁻¹ PB + 4,0 t ha ⁻¹ EB	4,06	2,18
Média	4,30	2,38

Médias seguidas de * diferem pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$)

PB: Pó de basalto; AC: Adubação convencional; EB: Esterco bovino

A produtividade de grãos na safra 2006/2007 apresentou rendimento inferior ao da safra 2005/06, comportamento este verificado para altura de plantas, que foi maior no primeiro cultivo, safra 2005/06, quando comparadas com as do segundo cultivo, safra 2006/2007 (Tabela 3).

A aplicação de pó de basalto como fonte de nutrientes para as plantas pode promover aumento da produtividade em feijão, como observado pela adição de pó de rocha em experimentos com solos Lateríticos, por Leonardos et al. (1987) e por Andrade et al. (2009) que compararam a atuação de fertilizante mineral (NPK) com o biofertilizante de rochas e constataram que o tratamento com aplicação da mistura com fertilizante mineral proporcionou o menor acúmulo de biomassa seca da parte aérea de caupi, especialmente quando comparado com a aplicação de biofertilizante de rochas.

As folhas de feijão analisadas nos primeiro e no segundo cultivos, não apresentaram diferenças entre os tratamentos para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 4).

O N fornecido pelo adubo convencional não refletiu em maiores teores do elemento nas folhas do feijão, tal como a aplicação de esterco bovino que não proporcionou maior acúmulo de N em comparação ao tratamento controle o que

Tabela 4. Acúmulo de N, P, K, Ca e Mg (g kg^{-1}) nas folhas de feijão na fase de florescimento da cultura no primeiro cultivo, safra 2005/2006 e, no segundo cultivo, safra 2006/2007**Table 4.** Accumulation of N, P, K, Ca and Mg (g kg^{-1}) in bean leaves during the flowering phase in the 1st crop, harvested in 2005/2006 and in the 2nd crop, harvested in 2006 / 2007

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg	
	Cultivo	1º	Cultivo	1º	Cultivo	1º	Cultivo	1º	Cultivo	1º
Controle		28,00		30,33		3,06		3,09		34,2
AC		28,87		31,93		3,15		3,27		35,26
2,5 t ha^{-1} PB		18,10		26,83		3,03		3,13		32,95
5,0 t ha^{-1} PB		25,59		27,85		3,07		3,09		35,61
10,0 t ha^{-1} PB		26,00		26,68		3,02		3,1		35,26
20,0 t ha^{-1} PB		25,70		28,72		3,03		3,19		30,9
4,0 t ha^{-1} EB		27,12		31,57		2,98		3,18		35,75
2,5 t ha^{-1} PB + 4,0 t ha^{-1} EB		22,50		29,31		3,07		3,15		31,6
5,0 t ha^{-1} PB + 4,0 t ha^{-1} EB		28,29		29,25		3,1		3,11		35,26
10,0 t ha^{-1} PB + 4,0 t ha^{-1} EB		23,40		30,18		3,01		3,22		29,9
20,0 t ha^{-1} PB + 4,0 t ha^{-1} EB		25,15		30,33		3,06		3,19		33
Média		25,34		29,36		3,05		3,16		32,8
										33,72
										16,02
										17,46

Médias seguidas de * diferem pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$)

PB: Pó de basalto; AC: adubação convencional; EB: Esterco bovino

pode ser atribuído, em parte, à mineralização da matéria orgânica em todos os tratamentos, estimulada pela calagem do primeiro ano. O efeito da calagem em aumentar as quantidades de N mineralizado tem sido associado ao aumento da atividade de micro-organismos em resposta à elevação nos valores de pH, nos teores de cátions trocáveis e à diminuição do Al tóxico (Stevenson & Cole, 1999).

Os efeitos da calagem sobre os valores de Ca e Mg do solo refletiram no acúmulo desses elementos nas folhas das plantas, as quais também não apresentaram aumento significativo em função da aplicação de pó de basalto. Contudo, como esses elementos fazem parte dos minerais constituintes do basalto (Tabela 1) deve-se considerar esta rocha como uma fonte potencial de Ca e Mg para o solo (Gillman et al., 2001; Von Wilpert & Lukes 2003). Knapik & Angelo (2007) observaram em mudas de pessegueiro-bravo produzidas com pó de basalto, maiores concentrações de Mg ($5,0 \text{ g kg}^{-1}$) em relação às encontradas no tratamento com adubação convencional ($4,1 \text{ g kg}^{-1}$).

O teor de P nas folhas da planta não foi maior em nenhum dos tratamentos analisados nem mesmo nos tratamentos

com adubação convencional. Apesar disto, em outro estudo realizado com as mesmas plantas foi analisado o teor de P total no grão do feijão e constatado que o tratamento com adubação convencional proporcionou maior valor em relação à testemunha (Silva et al. 2011). Este maior acúmulo de P nos grãos de feijão, verificado no tratamento com adubação convencional se deu em função, provavelmente, da maior rapidez na disponibilização dos nutrientes do fertilizante solúvel, ao contrário do P presente no pó de rochas, cujo nutriente se encontra 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, a fim de ser fonte de nutrientes para as culturas (Straaten, 2002).

Embora o K no solo tenha sido maior no tratamento com adubação convencional (Tabela 2) isto não refletiu na absorção pela planta, a qual não apresentou diferença entre os tratamentos para o teor deste nutriente nas folhas (Tabela 4).

Os teores de micronutrientes determinados nas folhas de feijão nos dois anos de cultivo foram similares entre todos os tratamentos estudados (Tabela 5). O esterco bovino aplicado

Tabela 5. Acúmulo de Cu, Zn, Fe, Mn (mg kg^{-1}) e Si (g kg^{-1}) nas folhas de feijão no 1º cultivo, safra 2005/2006 e no 2º cultivo, safra 2006/2007**Table 5.** Accumulation of Cu, Zn, Fe, Mn (mg kg^{-1}) and Si (g kg^{-1}) in bean leaves in the 1st crop, harvested in 2005/2006 and the 2nd crop, harvested in 2006 / 2007

Tratamentos	Cu		Zn		Fe		Mn		Si	
	Cultivo	1º	Cultivo	1º	Cultivo	1º	Cultivo	1º	Cultivo	1º
Controle		9,0		58,0		58,0		317,5		346,7
AC		9,0		9,6		51,3		317,5		330,8
2,5 t ha^{-1} PB		10,5		10,8		50,0		61,6		305,0
5,0 t ha^{-1} PB		9,5		9,8		51,3		54,6		295,6
10,0 t ha^{-1} PB		10,7		10,8		55,3		58,1		298,2
20,0 t ha^{-1} PB		11,0		11,8		55,3		65,7		297,5
4,0 t ha^{-1} EB		8,3		9,7		55,3		58,9		303,2
2,5 t ha^{-1} PB + 4,0 t ha^{-1} EB		9,0		9,4		54,7		53,3		296,1
5,0 t ha^{-1} PB + 4,0 t ha^{-1} EB		10,1		10,2		56,0		59,5		291,5
10,0 t ha^{-1} PB + 4,0 t ha^{-1} EB		9,0		9,2		55,3		57,6		308,4
20,0 t ha^{-1} PB + 4,0 t ha^{-1} EB		8,4		9,7		56,0		54,9		285,0
Média		9,5		10,1		54,4		57,8		301,4
										307,8
										208,1
										208,2

Médias seguidas de * diferem pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$)

PB: Pó de basalto; AC: Adubação convencional; EB: Esterco bovino

em associação com o pó de basalto, também não promoveu alteração nos valores de Cu, Zn, Fe e Mn que apresentaram, respectivamente, 9,8, 56,1, 304,6, 208,15 mg kg⁻¹, média dos dois anos de amostragem.

Os micronutrientes são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas e na rocha estão presentes em valores muito baixos, com exceção do Fe e do Mn (13,28 e 0,167 % de Fe₂O₃ e MnO, respectivamente) (Tabela 1). Porém, práticas culturais tendem a diminuir a disponibilidade desses nutrientes, como a remoção pelas culturas e a calagem; assim, o pó de rocha pode ser uma maneira prática de manter os níveis desses elementos no solo, pois representa uma fonte de micronutrientes após esses elementos serem liberados da estrutura dos minerais pela ação dos fatores do intemperismo (Straaten, 2002).

Os teores de Si nas folhas não foram diferentes entre os tratamentos estudados. Apesar de o Si ser classificado como elemento não essencial do ponto de vista fisiológico para as plantas, sua absorção pode conferir inúmeros benefícios, tais como o aumento na eficiência da capacidade fotossintética, visto que as folhas ficam mais eretas, com diminuição do autossombreamento, redução no acamamento, maior rigidez estrutural dos tecidos e resistência a insetos e doenças, pelo aumento da resistência mecânica das células (Marschner, 1995).

Conclusões

Nas condições do experimento os valores de pH, Al trocável, MO, K, P, Ca, Mg e Si do solo não foram alterados pela aplicação do pó de basalto, tal como a associação de esterco bovino com o pó de basalto, que não promoveu dissolução dos minerais da rocha nem liberação dos elementos para a solução do solo;

A produtividade e os teores de nutrientes nas folhas do feijoeiro não foram aumentados com a aplicação do pó de rocha, assim como a aplicação de adubo convencional também não promoveu aumentos significativos.

LITERATURA CITADA

- Almeida, J. A.; Ernani, P. R.; Maçanero, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. Ciência Rural, v.29, n.4, p.651-656, 1999. <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v29n4/a14v29n4.pdf>>. 29 Mar. 2011. doi:10.1590/S0103-84781999000400014.
- Andrade, M. M. M.; Stamford, N. P.; Sousa, C. A.; Silveira, A. C. G. A.; Freitas, A. D. S.; Santos, C. E. R. S. Fertilização mineral e biofertilizante de rochas com *Bradyrhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares em caupi. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.4, n.3, p.289-282, 2009. <<http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=522>>. 12 Fev. 2011. doi:10.5039/agraria.v4i3a10.
- Bolland, M. D. A.; Baker, M. J. Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy soils from Western Australia. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.56, n.1, p.59-68, 2000. <<http://www.springerlink.com/content/k3038r06q2621132/>>. 15 Jan. 2011. doi:10.1023/A:1009757525421.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo – CQFS-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.
- Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento de safra brasileira: grãos: quarto levantamento, janeiro 2011. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2011. 41p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p. <http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Livro+SBCS_2-ed_000fzvhmj5j02wx5ok0q43a0rx9wj0bm.PDF>. 10 Jan. 2011.
- Ernani, P. R.; Gianello, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e cama de aviário. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.7, n.2, p.161-165, 1983.
- Escosteguy, P. A.; Klamt, E. Basalto moído como fonte de nutriente. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, n.1, p.11-20, 1998. <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n1a02.pdf>>. 22 Mar. 2011.
- Ferreira, E. R. N. C.; Almeida, J. A.; Mafra, A. L. Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico. Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 8, n.2, p.111-121, 2009. <http://rca.cav.udesc.br/rca_2009_2/1Ferreira.pdf>. 12 Fev. 2011.
- Fragstein, P.; Pert, W.; Vogtmann, H. Verwitterungsverhalten silikatischer esteinsmehle unter Laborbedingungen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, v.151, n.2, p.141–146, 1988. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jpln.19881510214/abstract>>. 05 Jan. 2011. doi:10.1002/jpln.19881510214.
- Gillman, G. P.; Buekett, D. C.; Coventry, R. J. A laboratory study of application of basalt dust to highly weathered soils: effects ion soil cation chemistry. Australian Journal of Soil Research, v.39, n.4, p.799-811, 2001. <<http://www.publish.csiro.au/paper/SR00073.htm>>. 07 Mar. 2011. doi:10.1071/SR00073.
- Kiehl, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p. Knapik, J. G.; Angelo, A. C. Pó de basalto e esterco eqüino na produção de mudas de *Prunus sellowii* Koehne (Rosaceae). Revista Floresta, v. 37, n. p. 427-436, 2007. <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/viewArticle/9939>>. 18 Fev. 2011.
- Kudla, A. P.; Motta, A. C. V.; Kudla, M. E. Efeito do uso do pó de basalto aplicado em um Cambissolo Álico sobre o solo e crescimento do trigo. Revista do Setor Ciências Agrárias, v.15, n.2, p.187-195, 1996.
- Leonardos, O. H.; Fyfe, W. S.; Kronberg, B. I. The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers? Chemical Geology, v.60, n.4, p.361-370, 1987. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0009254187901434>>. 16 Jan. 2011. doi:10.1016/0009-2541(87)90143-4.

- Malavolta, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, 2006. 638p.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 889p.
- Novais, R. F.; Smyth, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, 1999. 399p.
- Resende, M.; Curi, N.; Resende, S. B.; Corrêa G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. Lavras: Editora da UFLA, 2007. 322p.
- Silva, A.; Pereira, T.; Coelho, C. M. M.; Almeida, J. A.; Schmitt, C. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. *Acta Scientiarum Agronomy*. v.33, n.1, p.147-152, 2011. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewFile/5878/5878>>. 15 Mar. 2011. doi:10.4025/actasciagron.v33i1.5878.
- Stevenson, F. J.; Cole, M. A.; Stevenson, W. Cycles Of Soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: John Wiley, 1999. 427p.
- Straaten, P. Rocks for crops: Agrominerals of Sub-Saharan Africa. Nairobi: ICRAF, 2002. 338p.
- Tedesco, M. J.; Gianelo, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Wolkweiss, S.J. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (UFRGS. Boletim técnico, 5).
- Theodoro, S. H.; Leonardos, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.78, n.4, p. 721-730, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/aabc/v78n4/a08v78n4.pdf>>. 12 Jan. 2011. doi:10.1590/S0001-37652006000400008.
- Wilpert, K.; Lukes, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulphate in a spruce stand on an acidified glacial loam. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.65, n.2, p.115-127, 2003. <<http://www.springerlink.com/content/v718kkm5546680j5/>>. 25 Jan. 2011. doi:10.1023/A:1022103325310.