

Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico

Powder basalt, development and nutrition of common bean (Phaseolus vulgaris) and chemical properties of a sandy loam Humic Cambisol

Élen Ramos Nichele Campos Ferreira¹, Jaime Antonio Almeida², Álvaro Luiz Mafra²

Recebido em 25/06/2007; aprovado em 23/09/2009.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de pós de basaltos como fonte de nutrientes para a cultura do feijão, associados ou não ao esterco bovino, e seu efeito sobre as propriedades químicas do solo, a nutrição da planta e a produtividade desta cultura. O experimento foi desenvolvido em Lages, SC, num Cambissolo Húmico, num delineamento inteiramente casualizado. Foram avaliados dois basaltos, provenientes de Ponte Alta, e de São José do Cerrito, SC. O pH da área foi corrigido para 5,2 e a necessidade de P e K foi suprida pela adição de fontes naturais (granito-K; apatita-P), exceto nas parcelas do tratamento com NPK, onde estes nutrientes foram aplicados na forma solúvel. Os tratamentos constaram de calagem para pH 5,2, NPK, esterco bovino (EB) 3 Mg ha⁻¹, Basalto Batalhão (BBT) e Ponte Alta (BPA), nas doses de 2,5, 5 e 10 Mg ha⁻¹ e estas mesmas doses associadas a adição de esterco bovino (3 Mg ha⁻¹, base seca). Os materiais foram aplicados sobre a parcela e incorporados com enxada rotativa. Utilizou-se feijão preto, cultivar Uirapuru, como cultura teste. Além do rendimento de grãos, realizou-se análise foliar de macro e micronutrientes e após um ano da implantação do experimento determinaram-se os valores de P, K, Ca, Mg, de pH, H + Al e M.O. do solo. No rendimento de grãos, o melhor tratamento foi o BPA na dose de 10 Mg ha⁻¹ + EB, o qual diferiu apenas do tratamento BPA 2,5 Mg ha⁻¹. O pH aumentou de 4,7 para valores que variaram entre 5,1 a 5,6, porém sem diferenças entre os tratamentos, evidenciando apenas

o efeito do calcário na correção parcial da acidez. Os valores da Ca e Mg no solo aumentaram. O P apresentou valores altos, porém deve ser interpretado com cautela, visto que foi aplicado fosfato natural e o extrator ácido utilizado (Mehlich 1) tende a superestimar os teores de P disponível. Na planta, tanto os macro quanto os micronutrientes avaliados ficaram dentro da faixa de suficiência para a cultura do feijão. Os elementos Ca, Mg e Zn não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, tanto no solo como na planta. Não foi evidenciado efeito positivo da aplicação do pó de basalto sobre a produção de grãos de feijão, possivelmente devido à falta de chuvas e ao curto período para liberação dos nutrientes, por se tratar de uma rocha que apresenta dissolução lenta dos minerais.

PALAVRAS-CHAVE: pó de rocha, adubação natural, esterco bovino, nutrição do feijão.

SUMMARY

The objective of this work was to study the potential use of basalt powder rock as a source of nutrients for common bean, associated or not to bovine farmyard, and their effect on soil chemical properties, plant nutrition and the crop productivity. The experiment was set in Lages, SC, in a sandy loam Humic Cambisol, using a completely randomized design. Two kinds of basalt, from Ponte Alta and São José do Cerrito, SC, Brazil, were evaluated. The pH of the area was corrected with lime for 5.2. P and K were

¹ Eng. Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo. E-mail: elen_0905@yahoo.com.br.

² Eng. Agrônomo, Professor do Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV/UDESC. Av Luis de Camões, 2090, Lages, SC, 88.520-000. E-mail: a2jaa@cav.udesc.br; a2alm@cav.udesc.br.

supplied by the addition of natural sources (granite - K; apatite - P), except in the treatment with NPK. The treatments were: liming of pH 5.2, NPK, bovine farmyard 3 Mg ha⁻¹, Basalt Batalhão (BBT) and Ponte Alta (BPA) in the rates to 2.5, 5 and 10 Mg ha⁻¹ and the same rates associated to the addition of bovine farmyard (3 Mg ha⁻¹, dry weight basis). Treatments were applied over the plots and incorporated with rotatory hoe. The black bean cultivar Uirapuru was used as a test crop. Grain yield and leaf analysis of macro and micronutrients of common bean were determined. The values of P, K, Ca, Mg, pH, H + Al and soil organic matter were also assessed. The treatment that promoted the highest grain yield was BPA in the level of 10 Mg ha⁻¹ + farmyard. The pH increased from 4.7 to values that ranged between 5.1 to 5.6, without showing differences among treatments, evidencing only the effect of lime on the partial correction of acidity. The values of Ca and Mg increased in the soil. The P presented high values, however its behavior should to be interpreted with care, because natural phosphate was applied and the acid extractor utilized (Mehlich 1) tends to overestimate the content of soluble P. Macro and micronutrients in the leaf were in the sufficiency zone for common bean. Ca, Mg and Zn didn't present statistics differences among treatments in the soil or inside the plant. The lack of positive effect of powdered basalt application on common bean grain yield was possibly due the weather dry conditions and the short period for liberation of nutrients, because powder rocks present slow mineral dissolution.

KEY WORDS: powder rock, natural manuring, bovine farmyard, nutrition of bean.

INTRODUÇÃO

Na atualidade, a adubação de plantas cultivadas é realizada principalmente com fertilizantes solúveis que, quando bem dosados e equilibrados, promovem incrementos de produtividade geralmente maiores do que quando se emprega rochas naturais (VAN RAIJ, 1991). Porém, esses fertilizantes podem causar problemas ao meio ambiente, por estarem mais propensos ao processo de lixiviação. Além disso, jazidas de algumas rochas e minerais estão ficando

escassas e os custos para obtenção de fertilizantes solúveis estão cada vez mais elevados. Desta maneira um segmento da pesquisa tem se voltado à utilização de insumos naturais, que surgem como uma alternativa aos fertilizantes solúveis, e que foram deixados em segundo plano nos últimos tempos (COONATURA, 2004).

Dentre as rochas disponíveis para o emprego na agricultura está o basalto, rocha básica, de origem vulcânica, com granulação fina (afanítica), onde a maior parte dos cristais são invisíveis a olho nu (SANTOS, 1976). Os principais constituintes do basalto são minerais aluminosilicatos do grupo dos piroxênios e plagioclásios, pouco resistentes ao intemperismo químico e importantes fontes de Ca, Mg e micronutrientes. Normalmente as rochas compostas por aluminosilicatos possuem quantidades variáveis de diversos nutrientes que podem se apresentar na forma de compostos com maior ou menor facilidade de solubilização, dependendo do teor total e da cinética de dissolução dos minerais (MACHADO et al., 2005).

Apesar do aumento da utilização de rochas naturais moídas na agricultura, ainda são raros os estudos com base científica que avaliaram o efeito destas no desenvolvimento de plantas cultivadas. Motta et al. (1992) trabalharam em um Latossolo Roxo com doses variando de 0 a 50 t ha⁻¹, observaram tendência de decréscimo na produção de matéria seca de aveia com o aumento da dose de basalto. Kudla et al. (1996) estudaram o efeito do pó de basalto aplicado em um Cambissolo Álico sobre o solo e o crescimento de trigo, com doses variando de 0 a 225 t ha⁻¹, obtiveram efeito positivo desse material sobre a produção de grãos, porém com tendência a decrescer com o aumento da dose utilizada.

De acordo com Amparo (2003), o uso do pó de rocha apresenta as seguintes vantagens em relação aos fertilizantes solúveis: economia de mão-de-obra, pois o pó é de baixa solubilidade e assim não há necessidade de se adubar com frequência devido ao seu efeito residual prolongado; não acidifica o solo e, ao contrário, pode corrigir a sua acidez; não saliniza o solo; evita que a planta absorva mais do que o necessário, como ocorre com o potássio e o nitrogênio quando se usa adubos solúveis; diminui a fixação do P solúvel pela presença de sílica e óxidos de ferro e

alumínio; a matéria-prima é inteiramente nacional, fácil de ser explorada e encontram-se distribuídas em todas as regiões do país.

Os esterco animais vem sendo empregados como fertilizantes há milênios (KIEHL, 1985), porém pouco se sabe sobre o efeito da adição destes materiais sobre a dissolução de minerais. Do ponto de vista biológico, os esterco animais apresentam uma grande quantidade de microrganismos (KIEHL, 1985) e sabe-se que estes produzem substâncias que aceleram a decomposição de rochas, liberando seus nutrientes minerais. Vários estudos tem demonstrado a eficiência dos adubos orgânicos na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e no aumento da produtividade das culturas. Estes dejetos de origem animal apresentam potencial para uso agrícola em função da disponibilidade no meio rural.

Devido a falta de informações agrônômicas sobre o efeito do uso de pó de rocha como melhoradores da qualidade dos solos e como fonte de nutrientes às plantas cultivadas, bem como do efeito da adição de esterco animais sobre a dissolução mais rápida desses materiais e considerando, ainda, a abundância do basalto em Santa Catarina (ATLAS..., 1986), o estudo do potencial desses materiais para emprego na agricultura se torna importante.

Este trabalho estudou o potencial de utilização de basalto de dois locais, associados ou não ao esterco bovino, como fonte de nutrientes para a cultura do feijão, e seu efeito sobre as propriedades químicas do solo, à nutrição da planta e à produtividade da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Lages, SC, em um Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2006) de classe textural franco arenosa, em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições por tratamento, em parcelas de 3 x 4 m, totalizando uma área de 720 m², onde os tratamentos foram distribuídos mediante sorteio aleatório.

Os materiais avaliados foram dois basaltos provenientes do município de Ponte Alta (BPA), SC da pedreira Manjolinho, localizada às margens da BR 116, e de São José do Cerrito (BBT), SC, Pedreira do 10º Batalhão de Engenharia, localizada às margens

da BR 282. Ambos foram recolhidos na forma de brita, sofreram moagem em moinho de martelo e posteriormente passados em peneira com malha de 2 mm de abertura. O esterco bovino foi recolhido em uma propriedade rural, e não passou por nenhum processo antes de ser aplicado nas parcelas.

A área experimental, nunca antes cultivada, era constituída de campo natural, sendo utilizado como pastagem para o gado de corte. O solo apresentava inicialmente as seguintes características: pH H₂O = 4,7; pH SMP = 5,5; Al³⁺ = 1,3 cmol_c dm⁻³ H + Al = 4,5 cmol_c dm⁻³; K = 58,5 mg dm⁻³; Na = 5 mg dm⁻³; P Mehlich = 16,8 mg dm⁻³; M. O. = 27,2 g Kg⁻¹; Ca = 1,30 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,2 cmol_c dm⁻³.

O pH da área foi corrigido para 5,2, baseando-se na determinação do pH SMP (ALMEIDA et al., 1999), adicionando-se o equivalente a 3 t ha⁻¹ de calcário filler (PRNT 100%). Para não limitar o desenvolvimento da cultura, considerando que o pó de basalto apresenta quantidades muito baixas de fósforo e potássio foram adicionadas fontes naturais destes elementos. A necessidade de fósforo foi suprida pela adição de 0,5 Mg ha⁻¹ de apatita e o potássio foi fornecido pela aplicação de 1 Mg ha⁻¹ de granito feldspático, aplicados em toda a área, exceto nas parcelas do tratamento com adubação convencional (NPK), onde foram aplicados adubos convencionais na forma solúvel.

Os tratamentos foram aplicados ao solo em dezembro de 2004 e constaram de: calagem pH 5,2, NPK (N - 90 Kg ha⁻¹ na forma de uréia, sendo 1/3 na semeadura e o restante em cobertura; P₂O₅ - 65 Kg ha⁻¹ na forma de SFT; K₂O - 70 Kg ha⁻¹ na forma de KCl), esterco bovino - EB (3 Mg ha⁻¹, base seca), Basalto Batalhão e Ponte Alta nas doses 2.5, 5 e 10 Mg ha⁻¹ e as mesmas doses de basalto associadas a adição de esterco bovino (3 Mg ha⁻¹, base seca), totalizando 15 tratamentos.

Após a calagem, aplicou-se o pó de granito e a apatita, os quais foram incorporados com enxada rotativa. O pó de basalto e o esterco foram aplicados uniformemente sobre a superfície das parcelas e posteriormente incorporados na camada mais superficial do solo através de duas passagens com enxada rotativa.

Foi realizado um cultivo de verão, com feijão preto cultivar Uirapuru, o qual foi semeado em 21/

01/2005, com espaçamento de 0,5 m entre linhas, deixando-se 12 plantas/m, e 6 linhas/parcela. A colheita foi realizada no dia 27/05/2005 totalizando um ciclo de 127 dias.

Realizou-se avaliação do rendimento de grãos em toda a parcela, análise foliar da cultura do feijão e análise química do solo. As amostras de tecido vegetal foram coletadas no início do florescimento, onde foram amostradas 30 plantas/parcela, retirando-se a terceira folha com pecíolo do terço médio (SBCS/Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004). As folhas foram secas em estufa a 60° C até peso constante. A seguir, foram moídas e passaram pelo processo de digestão sulfúrica para determinação dos macronutrientes e digestão nitro-perclórica para determinação dos micronutrientes, conforme procedimentos descritos em Tedesco et al. (1985).

Após um ano da aplicação dos tratamentos, ou seja, em dezembro de 2005, foram coletadas amostras de solo de cada parcela, na camada de 0-10 cm, com trado holandês, para realização das seguintes análises químicas: pH em água na relação solo: água 1:1; pH em sal, em solução de KCl 1 mol L⁻¹; extração de Ca e Mg trocáveis com KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por espectrofotometria de absorção atômica; extração de Na e K trocáveis com acetato de amônio 1 mol L⁻¹ e determinação por espectrofotometria de emissão; H + Al, extraídos com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0 e determinados por titulometria; extração de P pelo método Mehlich 1 e determinação por colorimetria; matéria orgânica através da combustão úmida com dicromato de potássio, conforme Tedesco et al. (1985).

Os dados foram submetidos à análise estatística aplicando-se a análise de variância pelo teste F (P < 0,05), e as médias comparadas pelo teste Duncan a 5% de significância. Foram também montados contrastes de interesse de acordo com os objetivos do experimento para verificar a diferença entre tratamentos aplicados. Foram comparados pelo teste F os seguintes contrastes:

- Tratamentos que receberam pó de basalto (BBT, BPA) *versus* tratamentos que receberam pó de basalto associado ao esterco bovino (BBT + EB, BPA + EB);
- Tratamentos que receberam pó de basalto (BBT, BPA) *versus* tratamento que recebeu esterco bovino

(EB);

- Tratamentos que receberam pó de basalto associado ao esterco bovino (BBT + EB, BPA + EB) *versus* tratamento que recebeu esterco bovino (EB);

- Tratamentos que receberam basalto com e sem esterco bovino (BBT, BPA, BBT + EB, BPA + EB) *versus* tratamento NPK (NPK).

- Tratamento que recebeu basalto com e sem esterco bovino (BBT, BPA, BBT + EB, BPA + EB) *versus* tratamento calagem pH 5,2 (Calagem pH 5,2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

A produtividade média do feijão foi de 704 Kg ha⁻¹, com diferença apenas entre o tratamento BPA na dose de 10 Mg ha⁻¹ + EB com o tratamento BPA 2,5 (Tabela 1). Pelos contrastes realizados, a única diferença constatada foi entre os tratamentos com basalto *versus* o basalto associado ao esterco (Tabela 2), mostrando que o esterco, quando associado aos pós de basalto, promoveu um pequeno incremento na produtividade de grãos de feijão. Este pequeno incremento pode ser devido a solubilização da rocha promovida pelos microrganismos presentes no material orgânico liberando nutrientes para a cultura.

A resposta do feijão aos tratamentos testados possivelmente foi limitada pela distribuição irregular de chuvas, que estiveram abaixo da média histórica nos meses subsequentes à semeadura, bem como pelo pouco tempo de reação do produto, considerando-se que as rochas testadas apresentam dissolução lenta dos minerais. Apesar da limitação no desenvolvimento, a produtividade de feijão ficou em torno da média nacional, que no ano agrícola 2004/2005 foi de 741 Kg ha⁻¹, porém abaixo da média catarinense, que no mesmo período foi de 1185 Kg ha⁻¹ (CONAB, 2005).

Os resultados, apesar de serem preliminares, de apenas um ano de cultivo, estão de acordo com os que foram obtidos por outros autores. Almeida et al. (2004) conduzindo estudos com saprólito de basalto em um Nitossolo Háplico no município de Urupema - SC com doses de até 32 t ha⁻¹ na cultura do feijão, não observaram diferenças no número de vagens por plantas e no número de grãos por vagem em função dos tratamentos, sendo que a produtividade

média obtida foi de 1403 Kg ha⁻¹, decorrente das boas condições de fertilidade do solo no local avaliado. Em um trabalho conduzido em casa de vegetação, Escosteguy (1985) concluiu não ter havido efeito da aplicação de doses equivalentes a até 200 Mg ha⁻¹ de basalto moído no desenvolvimento das plantas em solo de baixa fertilidade do Rio Grande do Sul, e tampouco promoveram modificações substanciais nas propriedades químicas do solo. Não foi avaliado nesse trabalho, entretanto, o efeito residual do material em culturas subsequentes, devido ao curto período de condução do experimento. Porém, os resultados diferem de outros autores, os quais tem encontrado efeito positivo pelo emprego de pó de basalto no aumento da produtividade de algumas culturas.

Knapik et al. (2005), realizando testes com pó de basalto na cultura da soja com doses de 0,5 e 2,0kg m⁻², observaram maiores valores de peso de

100 sementes quando foi aplicada a maior dose do produto, sendo que a adubação convencional com NPK apresentou o pior resultado.

Todos os macronutrientes avaliados se encontraram dentro ou acima da faixa de suficiência no tecido foliar para a cultura do feijão (SBCS/ Comissão de Química e Fertilidade do solo - RS/ SC, 2004). Para os elementos K, P e Mg os valores permaneceram acima desta faixa (Tabela 3). Com exceção do N e P os demais elementos não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos.

A faixa de suficiência para o Ca está entre 1,0 a 2,5%, portanto três tratamentos apresentaram valores inferiores a esta faixa: BPA 10, BBT 2,5 + EB e BBT 5. Mesmo o magnésio estando em níveis baixos no solo (Tabela 6), a planta conseguiu absorvê-lo em quantidades suficientes para sua nutrição. Para o K foram encontrados valores

Tabela 1- Rendimento (Kg ha⁻¹) de grãos de feijão cultivado com doses de basalto, esterco bovino e adubo solúvel no ano agrícola 2004/2005 (média de 4 repetições).

Tratamento	Rendimento
Calagem pH 5,2	612,7 ab*
NPK	809,8 ab
EB	810,9 ab
BBT 2,5	604,7 ab
BBT 5	643,3 ab
BBT 10	746,3 ab
BBT 2,5 + EB	603,0 ab
BBT 5 + EB	819,2 ab
BBT 10 + EB	792,7 ab
BPA 2,5	458,9 b
BPA 5	742,3 ab
BPA 10	580,8 ab
BPA 2,5 + EB	687,0 ab
BPA 5 + EB	758,6 ab
BPA 10 + EB	895,8 a
CV %	34,0

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

Tabela 2- Resumo da análise realizada por contrastes para a variável rendimento de feijão (Kg ha⁻¹).

Tratamento	DF	Contraste	QM	F	Pr > F
Basalto vs basalto + EB	1	203883,4	203883,4	4,43	0,0416
Basalto vs EB	1	50648,1	50648,1	1,10	0,3003
Basalto + EB vs EB	1	117,8	117,8	0,00	0,6599
Basalto com e sem esterco vs NPK	1	125925,0	125925,0	2,74	0,1058
Basalto com e sem esterco vs calagem pH 5,2	1	35352,8	35352,8	0,77	0,3858

superiores a 3,7% que estão bem acima da faixa de suficiência para a cultura, que é de 2,0 - 2,5%. No tratamento NPK, o K do solo apresentou o maior valor (117,6 Mg dm⁻³), diferindo dos demais. Porém, isto não resultou em maior absorção pela planta neste tratamento. Considerando que o ano de condução do experimento foi de seca, poderia se esperar uma redução na absorção do K, pois um baixo teor de água no solo afeta sobremaneira a difusão do elemento e, assim, dificulta a absorção (VAN RAIJ, 1991), porém isto não foi observado.

O N apresentou o maior valor no tratamento BBT 10 + EB (Tabela 3), o qual diferiu estatisticamente apenas do tratamento NPK e do BBT 5 + EB. O basalto Ponte Alta (BPA) quando associado ao esterco apresentou valores absolutos de N maiores do quando aplicado puro, mostrando que esta associação promoveu um pequeno incremento na liberação deste nutriente para a cultura.

Em relação ao P na planta, apenas o tratamento NPK diferiu estatisticamente do BPA 10 + EB. O maior teor de P na folha naquele tratamento se deve ao fato do elemento se encontrar na forma mineral, estando prontamente disponível para a planta.

Todos os micronutrientes avaliados também se encontram dentro da faixa de suficiência para a cultura

do feijão (Tabela 4) (SBCS/Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004). Apenas o Fe se encontra em valor muito superior a faixa de suficiência, que é de 40-140 mg dm⁻³, com valores superiores a 300 mg dm⁻³. Os micronutrientes que foram avaliados tem sua disponibilidade afetada principalmente pelo pH, sendo que tendem a diminuir com o aumento deste. Como o pH do solo se situou numa faixa ligeiramente ácida, é possível que isto tenha favorecido a disponibilidade dos micronutrientes para a planta, o que resultou a absorção em teores que permaneceram dentro da faixa de suficiência. Assim, considera-se que todos os tratamentos proporcionaram uma boa nutrição em micronutrientes para a cultura.

Para o cobre, o tratamento esterco apresentou o maior valor (17,3 mg dm⁻³) diferindo estatisticamente dos demais, que variaram na faixa de 10,2 a 13,0 mg dm⁻³. O maior teor de cobre no tratamento esterco se deve também ao maior teor de matéria orgânica neste tratamento, pois este elemento está associado à matéria orgânica, e esta, ao se decompor, vai liberar cobre ao meio (FERREIRA e CRUZ, 1991). Os tratamentos com basalto associado ao esterco, apesar de terem recebido a mesma dose de esterco, apresentaram menores teores de cobre, isto pode

Tabela 3 - Acúmulo de macronutrientes nas folhas de feijão na fase de florescimento, cultivado com doses de basalto, esterco bovino e adubo solúvel.

Tratamento	Ca	Mg	N	P	K
-----%-----					
Calagem pH 5,2	1,03 a*	0,59 a	3,39 abc	0,37 ab	4,04 a
NPK	1,08 a	0,49 a	3,10 bc	0,42 a	3,85 a
EB	1,03 a	0,63 a	3,79 ab	0,33 ab	3,88 a
BBT 2,5	1,33 a	0,76 a	3,58 abc	0,36 ab	3,99 a
BBT 5	0,98 a	0,63 a	3,86 ab	0,33 ab	3,85 a
BBT 10	1,06 a	0,66 a	3,84 ab	0,34 ab	3,87 a
BBT2,5 + EB	0,90 a	0,65 a	3,40 abc	0,36 ab	4,09 a
BBT5 + EB	1,28 a	0,70 a	2,97 c	0,33 ab	3,73 a
BBT10 + EB	1,31 a	0,59 a	4,18 a	0,39 ab	4,11 a
BPA 2,5	1,30 a	0,64 a	3,51 abc	0,34 ab	4,04 a
BPA 5	1,34 a	0,66 a	3,81 ab	0,37 ab	3,84 a
BPA 10	0,79 a	0,72 a	3,50 abc	0,35 ab	4,35 a
BPA2,5 + EB	1,00 a	0,70 a	4,07 a	0,38 ab	3,96 a
BPA5 + EB	1,26 a	0,63 a	4,13 a	0,38 ab	4,33 a
BPA 10 + EB	1,11 a	0,78 a	4,07 a	0,29 b	3,75 a
¹ CV %	15,95	10,70	6,11	4,39	5,98

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

¹ Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ($\sqrt{y + 3/8}$).

estar relacionado ao menor conteúdo de matéria orgânica em valores absolutos nestes tratamentos em relação ao tratamento esterco.

Com relação ao zinco, não ocorreram diferenças entre os tratamentos, sendo que alguns apresentaram teores acima da faixa de suficiência, que é de 18-50 mg dm⁻³. O zinco está presente em vários minerais do basalto e pela ação do intemperismo pode ocorrer sua liberação ao solo. Como não houve diferença entre os tratamentos que receberam e os que não receberam pó de basalto verifica-se que não houve solubilização dos minerais presentes na rocha durante o período avaliado. Para o Mn houve uma grande variação entre os tratamentos, porém sem um comportamento definido. O maior teor foi observado no tratamento NPK, seguido do esterco e o menor valor foi observado no tratamento BPA 2,5. Em todos os tratamentos, os teores de Mn se mantiveram dentro da faixa de suficiência para a cultura, que é de 30-300 mg dm⁻³.

Efeito do pó de basalto sobre os parâmetros químicos do solo

O pH do solo, originalmente muito baixo (4,7), passou para valores que variaram de 5,1 a 5,6 (Tabela 5), porém, sem diferenças estatísticas entre os tratamentos. Os tratamentos BBT 5 + EB e BPA 10 + EB apresentaram valores de pH considerados médios (SBCS/Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004). O maior valor foi encontrado no tratamento BPA 10 + EB, seguido do BBT 5 + EB e BPA 5. Apesar do basalto possuir teores relativamente altos de CaO e MgO, o material não contribuiu para significativa elevação do pH do solo acima de 5,2 após um ano da instalação do experimento nas parcelas onde o material foi aplicado, mostrando que o aumento no pH foi devido principalmente a aplicação do calcário.

Kudla et al. (1996) encontraram um pequeno efeito do basalto sobre o pH do solo, utilizando doses

Tabela 4 - Acúmulo de micronutrientes nas folhas de feijão na fase de florescimento, cultivado com doses de basalto, esterco bovino e adubo solúvel.

Tratamento	Cu	Zn	Mn	Fe
-----mg dm ⁻³ -----				
Calagem pH 5,2	11,0 b*	53,0 a	61,0 bc	349,0 b
NPK	12,0 b	52,2 a	95,5 a	404,25 ab
EB	17,3 a	48,0 a	78,0 ab	375,0 ab
BBT 2,5	11,7 b	50,2 a	56,2 bc	597,5 a
BBT 5	13,0 b	51,0 a	70,5 abc	401,7 ab
BBT 10	13,0 b	45,7 a	61,0 bc	329,7 b
BBT2,5 + EB	12,0 b	51,0 a	67,5 bc	405,7 ab
BBT5 + EB	12,5 b	54,0 a	57,7 bc	431,0 ab
BBT10 + EB	10,7 b	44,2 a	65,2 bc	463,0 ab
BPA 2,5	10,7 b	49,5 a	54,7 c	468,5 ab
BPA 5	10,2 b	49,2 a	62,2 bc	315,5 b
BPA 10	11,7 b	53,2 a	69,0 bc	489,7 ab
BPA2,5 + EB	13,2 b	53,2 a	66,0 bc	502,2 ab
BPA5 + EB	11,0 b	51,7 a	63,0 bc	347,5 b
BPA 10 + EB	12,0 b	47,2 a	71,2 abc	369,2 b
¹ CV %	8,9	8,9	10,7	16,1

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

¹ Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ($\sqrt{y + 3/8}$).

de até 255 Mg ha⁻¹ incubado em um Cambissolo Álico por um período de 3 meses. Os autores concluíram que o uso do pó de basalto na correção da acidez, em solos com alto poder tampão, é muito pouco provável face às altas doses que são necessárias.

Não houve modificações no teor de matéria orgânica (Tabela 5), sendo que apenas o tratamento esterco apresentou média absoluta um pouco superior à dos demais tratamentos. Portanto, a adição de esterco bovino (3 Mg ha⁻¹) não provocou incremento no teor de matéria orgânica do solo. Brito et al. (2005) não verificaram alterações no teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho Distroférico pela aplicação de 8 t ha⁻¹ de esterco bovino. Resultados semelhantes foram observados por Ernani e Gianello (1983). Para a obtenção de aumentos significativos nos níveis de matéria orgânica do solo, é necessário a incorporação de quantidades muito elevadas de resíduos orgânicos, uma vez que 60-80% do carbono adicionado se perde na forma de CO₂.

Os teores de Al trocável diminuíram (Tabela 5), visto que o solo apresentava um valor inicial de 1,3 cmol_c dm⁻³, sendo esta diminuição resultante do efeito do calcário, pois o menor valor foi encontrado no tratamento calagem para pH 5,2. A solubilidade do Al diminui com a calagem e, quando o pH do solo

atinge valores superiores a 5,4-5,5, o Al³⁺ precipita completamente (ERNANI e ALMEIDA, 1986) e deixa de prejudicar as plantas. Conforme Almeida et al. (1999), a elevação do pH em água para 5,2, além de exigir menor quantidade de calcário, é capaz de promover a redução substancial nos valores de Al trocável do solo.

O P apresentou valores altos (Tabela 6), sendo o maior valor encontrado no tratamento BBT 5 + EB. Porém, este resultado deve ser interpretado com cautela, visto que foi aplicado fosfato natural e o extrator ácido utilizado (Mehlich 1) tende a superestimar os teores de P disponível. Os fosfatos naturais apresentam baixa reatividade no solo, particularmente os brasileiros, e conseqüentemente lenta liberação de P para a solução. O solo utilizado apresenta um grande teor de areia, portanto este alto teor de P pode estar relacionado a este fator, pois as maiores recuperações de P adicionado se dão em solos com maiores teores de areia (MOTTA et al., 1992). A maior disponibilidade de P também pode estar relacionada à presença de silício visto que este elemento desloca o P dos sítios de adsorção (ou os ocupa preferencialmente) na argila e nos sesquióxidos (GRASSI FILHO, 2003). Os dados obtidos estão de acordo com os obtidos por Kudla et al. (1996) e Escosteguy et al. (1998).

Tabela 5 - Valores de pH em água, teores de Al trocável e M.O. de um Cambissolo cultivado com doses de basaltos, esterco bovino e adubo solúvel após um ano da instalação do experimento.

Tratamento	pH H ₂ O	Al (cmol _c dm ⁻³)	M.O. (%)
Calagem pH 5,2	5,44 a*	0,24 b	2,38 a
NPK	5,10 a	0,50 a	2,91 a
EB	5,09 a	0,64 a	3,37 a
BBT 2,5	5,10 a	0,54 a	2,58 a
BBT 5	5,05 a	0,60 a	2,76 a
BBT 10	5,29 a	0,27 ab	2,81 a
BBT 2,5 + EB	5,07 a	0,80 a	3,09 a
BBT 5 + EB	5,54 a	0,18 ab	2,62 a
BBT 10 + EB	5,22 a	0,37 ab	2,43 a
BPA 2,5	5,03 a	0,43 ab	2,70 a
BPA 5	5,45 a	0,37 ab	2,62 a
BPA 10	5,33 a	0,37 ab	2,64 a
BPA 2,5 + EB	5,23 a	0,41 ab	2,68 a
BPA 5 + EB	5,25 a	0,43 ab	2,47 a
BPA 10 + EB	5,57 a	0,30 ab	2,69 a
¹ CV %	3,12	21,08	12,95

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

¹ Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ($\sqrt{y + 3/8}$).

Tabela 6 - Teores de Ca, Mg, K, P e Na em um Cambissolo em função dos tratamentos com pó de basalto, esterco bovino e adubo solúvel após um ano da instalação do experimento.

Tratamento	Ca	Mg	K	P	Na
	---cmol _c dm ⁻³ ---			----- mg dm ⁻³ -----	
Calagem pH 5,2	4,30 a*	0,49 a	60,0 cd	56,20 ab	5,12 b
NPK	4,17 a	0,39 a	117,6 a	69,5 a	7,50 ab
EB	4,44 a	0,53 a	64,0 cd	69,15 a	10,12 ab
BBT 2,5	3,64 a	0,44 a	56,7 cd	51,25 ab	11,75 ab
BBT 5	4,39 a	0,42 a	56,0 cd	65,60 ab	5,50 b
BBT 10	3,55 a	0,51 a	60,2 cd	56,88 ab	7,50 ab
BBT2,5 + EB	3,82 a	0,48 a	66,0 bcd	49,75 ab	7,00 b
BBT5 + EB	4,66 a	0,51 a	60,6 cd	75,63 a	9,12 ab
BBT10 + EB	3,52 a	0,45 a	59,2 cd	55,93 ab	8,00 ab
BPA 2,5	3,85 a	0,39 a	54,3 d	40,85 b	5,87 b
BPA 5	4,12 a	0,51 a	60,5 cd	59,20 ab	4,87 b
BPA 10	4,38 a	0,54 a	71,0 bc	66,40 ab	5,50 b
BPA2,5 + EB	4,52 a	0,48 a	80,5 b	63,53 ab	15,75 a
BPA5 + EB	4,08 a	0,52 a	67,3 bcd	51,68 ab	6,37 b
BPA 10 + EB	3,94 a	0,54 a	64,8 cd	70,23 a	8,37 b
¹ CV %	10,05	7,09	6,84	14,16	24,75

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Duncan a 5%.

¹ Coeficiente de variação obtido com médias transformadas ($\sqrt{y + 3/8}$).

Os valores da Ca e Mg no solo aumentaram, sendo que o Ca que era considerado baixo passou a ser médio em alguns tratamentos e alto em outros (Tabela 6). Já o Mg continuou considerado como baixo (SBCS/Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004) e não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos para ambos os nutrientes. O aumento nos teores de Ca e Mg em relação aos teores originais destes nutrientes no solo e a ausência de diferenças entre os tratamentos que receberam o pó de basalto em relação a calagem para pH 5,2 foi interpretado como decorrente da aplicação do calcário para elevar o pH 5,2, em todos os tratamentos. A ausência de resposta dos tratamentos com pó de basalto pode ter ocorrido pelo curto período de aplicação dos mesmos, já que se trata de material de baixa solubilidade.

O K que era considerado médio (58,5 mg dm⁻³) para a CTC do solo (6,2 cmol_c dm⁻³) continuou médio em alguns tratamentos, tais como a calagem para pH 5,2, e passou a ser considerado alto em outros, como o NPK e BPA 10 (Tabela 6). O maior teor de K, 118 mg dm⁻³ foi observado no tratamento NPK, devido a aplicação do K na forma solúvel. Em outros tratamentos houve um pequeno aumento, evidenciando que houve pouca ou praticamente

nenhuma liberação deste elemento a partir do pó de granito aplicado. Tanto para o P como para o K a maior diferença esperada era para o tratamento NPK, visto que os demais receberam a mesma dose de apatita e de granito. Além disso, a presença destes nutrientes no basalto é pequena, o que aliado ao curto período de condução do experimento não deve ter contribuído para aumentar os teores desse elemento no solo.

Escosteguy e Klamt (1998), trabalharam com um basalto microcristalino e uma olivina basalto em doses de 0 a 100 Mg ha⁻¹ incubados em Latossolo Vermelho Escuro e em um Podzólico Vermelho-Amarelo por um período de até 300 dias, observaram aumento nas concentrações de K e Ca no solo com o acréscimo das doses de basalto moído aplicadas, independente do tipo de solo e de rocha utilizados, sendo que o efeito das doses de basalto moído sobre a concentração de K foi maior com o aumento do período de incubação. Já para o Ca, não se verificou interação entre os dois fatores.

O Na apresentou uma grande variação entre os tratamentos, porém sem um comportamento padrão, conforme os tratamentos (Tabela 6). Os maiores valores foram encontrados no tratamento BPA 2,5 + EB seguido do BBT 2,5. Segundo

Malavolta (1989), as funções do Na dentro das plantas ainda não são bem conhecidas, embora ele possa substituir várias funções do elemento K nas mesmas.

CONCLUSÕES

Não se verificou efeito dos tratamentos com pó de basalto sobre a produtividade do feijão, devido ao pouco tempo de reação destes no solo.

A associação de esterco aos pós de basalto tem potencial para incrementar a produtividade do feijão, em relação ao uso do pó de basalto isolado.

Nenhum dos tratamentos empregados resultou em diferenças no conteúdo de macro e micronutrientes foliares, os quais situaram-se dentro dos níveis de suficiência da cultura do feijão.

Os atributos químicos relacionados à acidez do solo (pH, Al) e os teores de Ca e Mg foram alterados pela aplicação do calcário, mas não houve efeito dos tratamentos com os pós de rocha sobre esses atributos no período considerado.

Os altos conteúdos de P encontrados no solo podem estar superestimados, devido ao extrator ácido utilizado na determinação do elemento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. A.; ERNANI, P. R.; MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p.651-656, 1999.
- ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, K. A. de; MAFRA, A. L. Saprólito de basalto com zeólitas como fonte de nutrientes as plantas. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., Lages, 2004. **Resumos...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2004. 1 CD (Resumos/FSNP).
- AMPARO, A. Farinha de rocha e biomassa. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n.20, p. 10-12, 2003.
- ATLAS de Santa Catarina**. Florianópolis: Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, 1986. 176p.
- BRITO, O. R.; VENDRAME, P. P. S.; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distroférico submetido a tratamento com resíduos orgânicos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 33-40, 2005.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2006. Disponível em: <www.conab.gov.br/download/safra/boletim07.pdf> Acesso em: 01 out 2006.
- COONATURA. **Adubos químicos: por que não usá-los**. Disponível em: <www.geocities.com/RainForest/5894/coonaturap3_3.html> Acesso em: 25 nov 2005.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 10, n. 2, p.143-150, 1986.
- ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e cama de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, n.2, p. 161-165, 1983.
- ESCOSTEGUY, P.A. V. Uso de basalto moído como fonte de nutrientes às plantas em solos ácidos de baixa fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 5., Lavras, MG, 1985. **Anais...** Lavras: [s.n.] , 1985.
- ESCOSTEGUY, P. A.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n.1, p.11-20, 1998.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro. Brasília: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. Cobre. In: **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. 734 p.
- GRASSI FILHO, H. Elementos úteis ou benéficos. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 20, p. 20-21, 2003.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.
- KNAPIK, B; KNAPIK, J. G.; SILVA, F. J. P. da. Utilização de pó de basalto como substituto a adubação química no plantio de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA,3.; SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 3., 2005, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Epagri/UFSC, 2005. CD-

Rom.

KUDLA, A. P.; MOTTA, A. C. V.; KUDLA, M. E. Efeito do pó de basalto aplicado em um Cambissolo Álico sobre o solo e crescimento do trigo. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 15, n. 2, p.187-195, 1996.

MACHADO, C. T. T. et al. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de K para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife.

Resumos... Recife: SBCS/UFRPE, 2005. CD-Rom. MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 5.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

MOTTA, A. C. V.; KUDLA, A. P.; FEIDEN, A. Efeito da aplicação do pó de basalto sobre algumas características químicas dos solos e crescimento de planta em um LE e LR. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 12, n. 1-2, p.173-178, 1992/3.

SANTOS, A. M. Alguns dados geoquímicos sobre solos do Brasil: uso potencial do pó de pedreira como fonte de nutrientes críticos em solos altamente lixiviados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., 1976, Ouro Preto. **Boletim de resumos...** Ouro Preto: SBG, 1976. p.160-161.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNON, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia/ UFRGS, 1985. Boletim técnico, 5.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do Solo Adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.