

Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima

Valdinar Ferreira MELO¹, Sandra Cátia Pereira UCHÔA², Flávio de Oliveira DIAS³,
Gilvan Ferreira BARBOSA⁴

RESUMO

As rochas basálticas possuem composição rica em elementos químicos considerados nutrientes às plantas, o que a torna apta para o uso agrícola, melhorando a fertilidade dos solos. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de doses de basalto moído nos teores de alguns nutrientes no solo. Foi utilizado um Latossolo Amarelo ácido e de baixa CTC, formação geológica Boa Vista, estado de Roraima. A rocha basáltica da formação Apoteri foi coletada na pedreira da serra de Nova Olinda, Boa Vista. Os tratamentos consistiram da incorporação e incubação de oito doses do pó da rocha (0; 0,85; 1,70; 3,35; 5,03; 10,05; 20,40 e 40,80 g kg⁻¹, correspondente a 0; 2,0; 4,0; 8,0; 12,0; 24,0; 48,0 e 96 t ha⁻¹). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito tratamentos e três repetições. Após a incorporação do basalto moído ao solo e por um período 180 dias de incubação, o solo foi analisado quanto aos teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis, acidez potencial (H+Al), teores disponíveis de Zn, Fe, Cu e Mn e valores de pH em H₂O e em KCl. A dose de 20,40 g kg⁻¹ de basalto proporcionou a máxima redução da acidez ativa, com pH aumentando de 4,8 para 5,5. Os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis aumentaram, porém proporcionaram baixos incrementos desses cátions no solo. As doses de basalto apresentaram alta eficiência para a neutralização da acidez potencial. A adição do basalto moído proporcionou incremento nos teores de Zn, Fe e Cu no solo com o tempo de incubação.

PALAVRAS-CHAVE: fertilidade do solo, acidez, rocha moída

Levels of finely ground basalt rock in the chemical properties of a yellow latosol of the savannah of Roraima

ABSTRACT

Basaltic rocks have chemical and mineralogical composition that allows its agricultural application due to its capability of improving soil fertility. The aim in this work was to evaluate the effect of levels of finely crushed basalt rock in soil chemical conditioning. A dystrophic Yellow Latosol from pre-weathered Boa Vista Formation was used. The rock of the Apoteri formation was collected in the mine of Nova Olinda near Boa Vista. The treatments consisted of the incorporation and incubation of eight rock powder levels (0; 0.85; 1.70; 3.35; 5.03; 10.05; 20.40 and 40.80 g kg⁻¹). The experimental design was entirely randomly with eight treatments and three replicates. After the incorporation of the crushed rock powder for a period 180 days of soil incubation, the soil was analyzed and determined the values of Ca²⁺, Mg²⁺, pH in H₂O, pH in KCl, Al³⁺, H+ Al, Zn, Fe, Cu and Mn. The level of 20.40 g kg⁻¹ of basalt provided the maximum reduction of the active acidity, varying from 4.8 to 5.5. Concentrations of exchangeable Ca²⁺ and Mg²⁺ increased, but their increments in the soil solution was small. Basalt levels presented high efficiency for neutralization of the potential acidity. Amendments with crushed rock increased extractable amounts of Zn, Fe and Cu in soil, after incubation.

KEY WORDS: soil fertility, acidity, crushed rock

¹ Professor Associado, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Roraima - UFRR, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Campus do Cauamé, Monte Cristo, BR 174 s/n, Boa Vista, Roraima. CEP 69301-940. Fone (95) 3627 2573. valdinar@yahoo.com.br

² Professora Associada, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola Campus do Cauamé, Monte Cristo, BR 174 s/n, Boa Vista, Roraima. CEP 69301-940. scpuchoa@dsi.ufrr.br

³ Estudante do Curso de Agronomia – Universidade Federal de Roraima - UFRR, bolsista de iniciação científica – CNPq. flavioufrr@yahoo.com.br

⁴ Pesquisador da EMBRAPA-RR, Boa Vista, Roraima, CEP 69000-00. ailvan@cnpafrr.embrapa.br

INTRODUÇÃO

A maioria dos elementos essenciais às plantas, com exceção do nitrogênio, está presente na litosfera, fazendo parte da constituição das rochas e dos minerais. Para que se tornem disponíveis às plantas, as rochas passam por processos de intemperismo, que ocorrem naturalmente de forma lenta. O resíduo da britagem de rochas basálticas, rico em elementos nutritivos às plantas, é um material de baixo custo e tem sido indicado como corretivo da fertilidade de solos muito intemperizados na Austrália (Gillman 1980). Segundo Van Straaten (2006), a moagem da rocha para aplicação na agricultura como fonte de nutrientes é uma idéia antiga, que começou com os trabalhos de Missoux (1853/54) e Hensel (1890/94). Atualmente, o uso de rochas disponíveis nas proximidades das áreas de produção agrícolas, com potencial para fornecer nutrientes, com baixo custo, tem sido estudado. Testes com esse material proporcionaram aumentos de rendimentos em cana-de-açúcar e efeito residual significativo após oito anos de cultivos (De Villiers 1961).

As pesquisas têm demonstrado que o pó de rocha libera lentamente grandes quantidades de nutrientes às plantas, podendo elevar a CTC de solos de baixa fertilidade (Blum *et al.* 1989 a,b), os teores de cátions trocáveis e o pH do solo (Von Fragstein *et al.* 1988), sendo esses efeitos mais intensivos em rochas vulcânicas básicas, como basalto. Na Alemanha, a aplicação de 10 t ha⁻¹ de basalto nas Florestas Negras do norte aumentou os teores de Ca e Mg e o pH do solo (Hildebrand e Scharck-Kirchner 2000). Em ensaio de longa duração com florestas no sudeste da Alemanha com o uso de 6 t ha⁻¹ de pó de rochas fonolíticas, verificou-se aumento do pH do solo e fornecimento de potássio e de cálcio suficiente para atender a cultura (Von Wilbert e Lukes 2003). Na Noruega, foi demonstrado que pó de rochas e minerais (biotita, nefelina e xisto de epidoto), ricas em potássio, melhoraram a fertilidade do solo cultivado com gramíneas sob pastejo; sendo que cerca de 30% do potássio aplicado desses materiais foram recuperados pela planta, contra 70% do existente no KCl (Bakken *et al.* 2000).

Em clima tropical, o uso de pó de rocha tem grande potencialidade. As taxas de dissolução dos minerais e as reações entre a superfície dos minerais e a solução do solo são aumentadas sob alta temperatura e regime de umidade alta (Van Straate 2006). Em condições edafoclimáticas diferentes, Albert (1936) e Hilf (1937) também constataram a melhoria da fertilidade de solos arenosos, sob floresta, após a adição de basalto moído. Estudos mais recentes, feitos por Roschnik *et al.* (1967) e Gillman (1980) indicaram aumento da capacidade de troca de cátions, do pH do solo e dos teores de cálcio, de argila e de silte em solos intemperizados tratados com doses equivalentes até 300 t ha⁻¹ de pó de basalto.

Segundo os resultados obtidos por Gillman (1980), o efeito do pó de basalto sobre essas variáveis aumentou com a quantidade, com a diminuição do tamanho de partícula e com o tempo de incubação desse material no solo. Assim, os maiores efeitos, relatados por esse autor, para a dose de 300 t ha⁻¹ com granulometria fina (41,8% < 63 µm, 32,5% entre 63 a 125 µm, 23,5% entre 125 a 250 µm, 2,2% entre 250 e 500 µm e 0,1% entre 500 a 1.000 µm), incubada em um Oxisol (Latossolo), por um período de 36 meses, mostraram aumento da CTC efetiva de 90 para 140 mmol_c dm⁻³; aumento do pH de 6,1 para 6,8 e das concentrações de cálcio e de magnésio, respectivamente, de 51,1 para 90,0 mmol_c dm⁻³ e de 20,0 para 45,0 mmol_c dm⁻³.

No Brasil, Leonardos *et al.* (1987) mostram que as culturas do feijão (*Phaseolus vulgaris*), do capim napier (*Penisetum purpureum*) e mesmo árvores de crescimento lento responderam positivamente ao uso de pó de rocha. O uso de materiais ricos em potássio, magnésio, cálcio, fósforo e micronutrientes, oriundos da formação Mata da Corda, Minas Gerais, tem mostrado excelente resposta agrônômica para uso em diversas culturas (Leonardos *et al.* 2000). Outros materiais de rochas ricas em potássio, como os carbonatitos, têm sido mostrados viáveis para uso na agricultura do cerrado, assim como a aplicação direta de bentonita em solos arenosos tem aumentado o pH, os teores de Ca, Mg e também aumentado a CTC e a capacidade de armazenamento de água do solo (Tito *et al.* 1997).

No estado de Roraima, os corpos máficos são representados, principalmente, pelo Diabásio Pedra Preta, pertencente ao grupo Roraima, e Formação Apoteri, grupo Rewa (Brasil 1975). A formação Apoteri, constitui a maior expressão de exposição de corpos máficos do Estado, estendendo-se da região central do Estado em linha reta, no sentido nordeste, adentrando na Guiana Inglesa (Brasil 1975).

Na serra de Nova Olinda, distrito do Monte Cristo, município de Boa Vista, o basalto da formação Apoteri é de granulação muito fina e cor escuro - esverdeada (Brasil 1975). Ao longo dos anos o intemperismo das rochas da formação Apoteri promoveu o acúmulo de carbonatos de cálcio e magnésio na superfície do solo. Esta ocorrência de calcário, na serra de Nova Olinda, relatada por Barbosa e Ramos (1959), estimulou o uso destes carbonatos para fabricação de cal, cuja análise química (CPRM) é a seguinte: CaO – 33,67% e MgO – 6,08% (Brasil 1975). Os padres Beneditinos e algumas famílias da cidade Boa Vista utilizavam estes carbonatos como material para pintar suas casas e como corretivo de solo dos jardins (Paiva 1939), o que indica potencial de utilização agrícola.

O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de basalto moído sobre a concentração de

nutrientes do solo, ao longo do tempo e sua disponibilidade para as culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Amarelo distrófico (LAd), do estado de Roraima, Campus do Cauamé, pertencente à unidade geológica da Formação Boa Vista com as seguintes características químicas (pH = 4,8; $Al^{3+} = 0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca + Mg = 0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $K = 15 \text{ mg dm}^{-3}$; $P = 0,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $CTCe = 0,83 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ $CTC \text{ pH}7,0 = 2,36 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $MO = 7,9 \text{ g dm}^{-3}$) e textura (argila = 250 dag kg^{-1} ; silte = 90 dag kg^{-1} ; areia = 660 dag kg^{-1}) (Benadetti *et al.* 2011). O solo foi coletado em local com vegetação de campo nativo (ambiente de savana), na profundidade camada de 0 a 20 cm, sendo seco ao ar e peneirado em malha com abertura de 2,0 mm.

O pó de rocha foi obtido da fragmentação do basalto Apoteri, coletado na pedreira da serra de Nova Olinda, Boa Vista, Roraima. A brita da rocha foi fragmentada com martelo, lavada com água destilada, moída em moinho de bola de aço inox e amalgadas em gral de porcelana até que o pó apresentasse diâmetro de partícula inferior a 0,053 mm. Foram determinados os teores totais de K, Ca, Mg, P, Fe, Cu, Zn e Mn (Tabela 1) por meio da dissolução do pó de basalto com HNO_3 , $HClO_4$ e HF, conforme método descrito por Embrapa (1997).

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação. Como unidade experimental foi utilizado 1,0 kg de solo seco ao ar, mantido em tubos de PVC com capacidade para 1,5 litros. O solo foi incubado com o pó de basalto nas seguintes doses: 0; 0,85; 1,70; 3,35; 5,03; 10,05; 20,40 e 40,80 g kg^{-1} , correspondente a 0; 2,0; 4,0; 8,0; 12,0; 24,0; 48,0 e 96 t ha^{-1} , totalizando oito tratamentos com três repetições em delineamento inteiramente casualizado. Para acelerar o processo de solubilização dos nutrientes da rocha foi

Tabela 1- Análise química de pó de rocha do Basalto Apoteri

| Elemento disponível | mg kg^{-1} |
|---------------------|---------------------|
| Fósforo | 520 |
| Cálcio | 9.700 |
| Magnésio | 4.800 |
| Ferro | 1.805 |
| Manganês | 58 |
| Zinco | 4,7 |
| Potássio | 48 |
| Boro | 2,0 |
| Enxofre | 14 |
| Cobre | 18,3 |

adicionado ao solo húmus de composto orgânico, na dosagem equivalente a 3% de matéria orgânica ($0,3 \text{ g kg}^{-1}$ de solo). Durante o período de incubação foi mantida a umidade do solo a 80% da capacidade de campo.

Após seis meses de incubação o solo foi analisado quanto aos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis, acidez potencial (H+Al), e valores de pH em água e em KCl, além dos teores de micronutrientes disponíveis (Zn, Fe, Cu e Mn), conforme os procedimentos descritos em Embrapa (1997).

Procedeu-se a análise de variância para cada variável estudada e os efeitos das doses de basalto foram avaliados por meio de equações de regressão com o auxílio do programa SAEG 9.0 (Ribeiro Júnior e Melo 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, os valores de pH do solo aumentaram com o acréscimo das doses de basalto moído, apresentando um comportamento descrito por uma equação raiz-quadrada (Figura 1A e B). O ponto de máxima neutralização da acidez deu-se com 50 t ha^{-1} . Comportamento semelhante também ocorreu com o pH em KCl e os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis. Os incrementos na concentração de cálcio e magnésio foram relativamente baixos (Figura 2A e B), indicando que esses elementos devem estar presentes em minerais de baixa solubilidade e de lenta alteração. No entanto, estes valores tornam-se de grande importância, quando se considera os baixos teores do solo. A baixa liberação desses cátions também foi constatada por Blum *et al.* (1989 a,b), Von Fragstein *et al.* (1988), Motta e Feiden (1992), Escosteguy e Klamt (1998). Para o ponto de máxima solubilização, observou-se

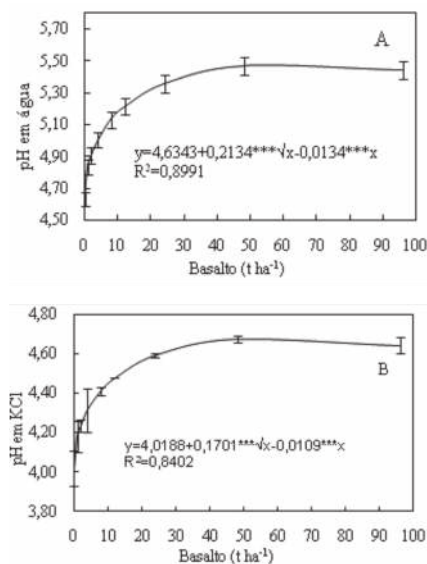


Figura 1- Equações de ajuste para pH em H_2O (A) e KCl (B) em função de doses de basalto.

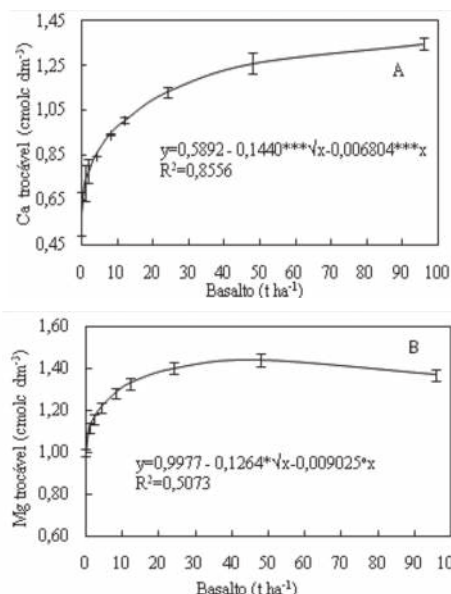


Figura 2- Equações de ajuste para Cálcio (A) e Magnésio (B) trocáveis em função de doses de basalto.

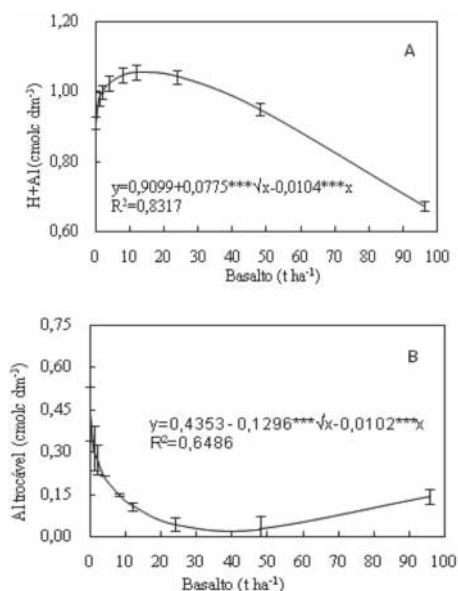


Figura 3- Equações de ajuste para H + Al (A) e Alumínio trocável (B) em função de doses de basalto.

um incremento de apenas $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de cálcio, liberado para a dose de 48 t ha^{-1} de basalto, considerando que o pó apresenta um potencial de liberar até $48,5 \text{ cmol}_c$ de cálcio por kg de pó de rocha, em função da sua da concentração em cálcio que é de 9.700 mg kg^{-1} . Os incrementos a partir desse ponto não ultrapassaram os $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com uso de até 90 t ha^{-1} . Segundo Hildebrand e Scharck-Kirchner (2000) e Von Wilbert e Lukes (2003) essa lenta liberação não impede

um impacto significativo sobre a nutrição das culturas em longo prazo, especialmente as de ciclo prolongado, como as fruteiras e as espécies florestais. Gillman (1980) tem, inclusive, indicado o uso desses materiais em solos pobres e ácidos e De Villiers (1961) e Leonardos *et al.* (1987) mostraram potencial de uso desses fertilizantes naturais de rocha até mesmo em culturas de ciclo semiperenes e anuais, como cana-de-açúcar, feijão comum e capim napier.

Na redução de H+Al, a curva é descrita por uma equação raiz-quadrada, com os valores finais direcionando para uma relação linear. O que pode ser explicado por um ligeiro aumento do Al^{3+} na fase inicial da reação do pó de rocha com a solução do solo, liberando Al^{3+} a partir do intemperismo dos silicatos. No entanto, observou-se nas Figuras 3A,B que os teores de H+Al e Al^{3+} trocável, sofreram redução de $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $0,54 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, com 96 t ha^{-1} de basalto adicionado. Essa redução da acidez potencial e acidez trocável, promovida pela reação dos carbonato de cálcio e magnésio com o hidrogênio do solo, liberando água e gás carbônico. O alumínio é insolubilizado na forma de hidróxido, havendo, assim, incremento de cargas que tem como consequência a elevação da CTC, confirmando os dados de Blum *et al.* (1989 a,b).

Ao contrário do que foi observado por Escosteguy e Klamt (1998), onde obteve redução do pH e elevação do H+Al a partir dos 30 dias de incubação, no presente trabalho o aumento do pH e a redução de H + Al foi consistente com o aumento das doses ao 60 dias de incubação, podendo ser atribuído ao baixo poder tampão do Latossolo Amarelo da formação Boa Vista, cuja mineralogia é predominante caulinitica (Benedetti *et al.* 2011) diferentemente dos Latossolo Vermelho Escuro distrófico e do Podzólico Vermelho Amarelo trabalhados por Escosteguy e Klamt (1998), cuja mineralogia é oxidica.

Os teores de Zinco e Ferro (Figura 4A e B) aumentaram de forma linear com as doses aplicadas de pó de basalto. Isto demonstra que o produto foi eficiente, na granulometria estabelecida, como um fornecedor de múltiplos nutrientes para as plantas, tendo a propriedade de fornecer bases trocáveis, silício e micronutrientes. Isto permite melhoria no ambiente radicular da planta por redução de acidez e acréscimo de nutrientes essenciais para as plantas. Segundo Van Straaten (2006), a razão para esses resultados positivos sobre solos ácidos, altamente intemperizados e empobrecidos em nutrientes nas regiões tropicais, são provavelmente a maior dissolução de grandes volumes de pó de rochas e minerais silicatados, ricos em nutrientes, sob as condições de altas temperaturas e umidade, além dos efeitos neutralizantes do produto da dissolução sobre a acidez do solo. Segundo o autor, grãos finos de rocha contêm altas proporções de olivina, piroxênios, anfibólios e feldspato plagioclásio, rico em cálcio, bem como baixas concentrações de quartzo livre, os quais têm

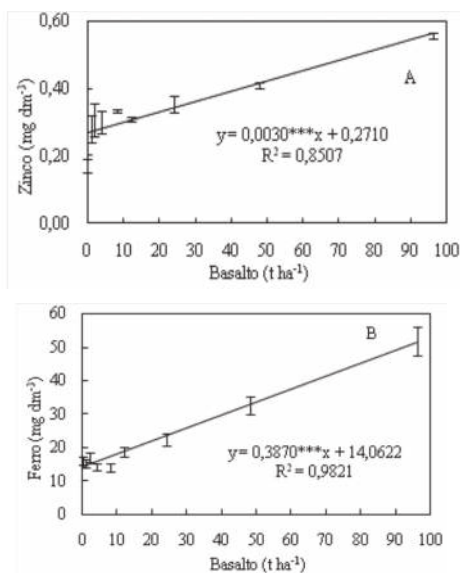


Figura 4-Equações de ajuste para zinco (A) e ferro (B) disponível em função de doses de basalto.

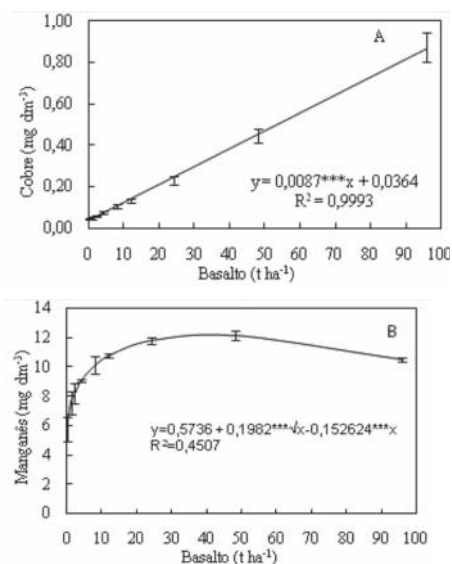


Figura 5 - Equações de ajuste para cobre (A) e manganês (B) disponíveis em função de doses de basalto.

alta taxa de intemperização natural. Esses materiais contêm bases trocáveis, silicatos, fósforo e micronutrientes necessários para a nutrição das plantas, os quais são progressivamente disponibilizados com o incremento das doses aplicadas e do tempo de sua incorporação ao solo.

Quanto a disponibilidade de cobre houve aumento da concentração no solo com comportamento linear ao aumento das doses de pó de rocha, com alta correlação, determinando (R^2) igual a 0,99 (Figura 5A). Para o manganês, o incremento

foi apenas da dose zero para a segunda dose equivalente a 2 t ha⁻¹. A exceção do Cu, Zn e Fe, todos os demais parâmetros foram afetados a partir de doses baixas de pó de basalto e estabilizando na dose de 48 t ha⁻¹. Resultados experimentais mostram que o uso de 6 a 10 t ha⁻¹ pode produzir resultados satisfatórios em essências florestais (Hildebrand e Scharck-Kirchner, 2000; Von Wilbert e Lukes 2003). As doses aplicadas, entretanto, devem refletir a riqueza existente na rocha dos nutrientes que se quer fornecer, o grau de deficiência do solo e a demanda da planta a ser cultivada, como demonstrado por Bakken *et al.* (2000), no cultivo de capim para pastejo intensivo na Europa. De Villiers (1961) mostrou resultados satisfatórios sobre a cana-de-açúcar com a aplicação de 180 t ha⁻¹. Já Ribeiro (2007) demonstrou que alguns materiais são mais promissores como corretivos da acidez do solo (rochas ultramáficas), enquanto outras rochas são mais apropriadas como fornecedoras de nutrientes (brecha piroclástica). Assim, além da escolha do material para atender às condições requeridas pelos solos e plantas a serem cultivados, são necessários testes de resposta com plantas, comparando com fertilizantes industrializados, com fins de uma avaliação econômica da viabilidade financeira da remineralização do solo, em estudos posteriores.

CONCLUSÕES

A dose de 50 t ha⁻¹ de basalto proporcionou a máxima redução da acidez ativa, elevando o pH em água de 4,8 até 5,5.

O uso do pó-de-rocha promoveu aumento nos teores de cálcio, magnésio, zinco, ferro e cobre no solo.

O efeito da adição das doses de basalto apresentou maior eficiência para a neutralização da acidez potencial.

O pó de rocha basáltica pode ser considerado como uma fonte alternativa de fertilizante e corretivo do solo, dependendo da composição da rocha, granulometria do pó de rocha e condições do solo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Albert, V.R. 1936. Nachhaltig wirksamer forstdüngungsversuch. *Forstarchiv*, 13:158-162pp.
- Bakken, A.K.; Gautneb, H.; Sveistrup, T.; Myhr, K. 2000. Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56: 53–57.
- Barbosa, O.; Ramos, J.R.A. 1959. *Território do Rio Branco*: Aspectos principais da Geomorfologia, da Geologia e das possibilidades minerais de sua zona setentrional. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralógica, Rio de Janeiro, 196 pp.
- Benedete, U.D.; Vale Júnior, J.F.; C.E.G.R.; Melo, V.F. e Uchôa, S.C.P. 2011. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:299-312.

- Blum W.E.H.; Herbinger, B.; Mentler, A.; Ottner, F.; Pollak, M.; Unger, E.; Wenzel, W.W. 1989a. Zur Verwendung von Gesteinsmehlen in der Landwirtschaft. I. Chemisch-mineralogische Zusammensetzung und Eignung von Gesteinsmehlen als Düngemittel. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 152: 421–425.
- Blum, W.E.H.; Herbinger, B.; Mentler, A.; Ottner, F.; Pollak, M.; Unger, E.; Wenzel, W.W. 1989b. Zur Verwendung von Gesteinsmehlen in der Landwirtschaft. II. Wirkung von Gesteinsmehlen als Bodenverbesserungsmittel. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 152: 427–430.
- Brasil, Ministério das Minas e Energia. 1975. *Projeto RadamBrasil. Folha NA 20 Boas Vista e parte das folhas NA Tumucumaque, NB 20 Roraima e NB 21*. Rio de Janeiro., 428pp.
- De Villiers, O.D.H. 1961. Soil rejuvenation with crushed basalt in Mauritius. Part I – consistent results of world-wide interests. *International Sugar Journal*. 363-364.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. *Manual de Métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS. 212pp.
- Escosteguy, P.A.V.; Klamt, E. 1998. Basalto moído como fonte de nutriente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 22: 1-20.
- Gillman, G.P. 1980. The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of highly weathered soil. *Soil Science Society of American Journal*, 44: 465-468.
- Hilf, H.H. 1937. Basaltgrus-der nachhaltsdünger armer sandboden. *Forstarchiv*, 13:113-116.
- Hildebrand, E.E.; Schack-Kirchner, H. 2000. Initial effects of lime and rock powder application on soil solution chemistry in a dystic cambisol results of model experiments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56:69–78.
- Leonardos, O.H.; Fyfe, W.S.; Kronberg, B.I. 1987. The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers. *Chemical Geology*, 60:361–370.
- Leonardos, O.H.; Theodoro, S.H.; Assad, M.L. 2000. Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56:3–9.
- Motta, A.C.V.; Feiden, A. 1992. Avaliação do P em LE submetido a diferentes doses de basalto. *Agrárias*, 12:47-54.
- Paiva, G. 1939. *Alto Rio Branco. Rio de Janeiro*, DNPM/SGM, 44p. (Boletim, 99).
- Ribeiro Júnior, J. I.; Melo, A. L. P. 2008. *Guia prático para utilização do SAEG*. – Viçosa, 288pp.
- Ribeiro, L.S. 2007. *Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de nutrientes para o solo*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural da Bahia, Cruz das Almas, BA. 38 pp.
- Roschnik, R.K.; Grant, P.M.; Nduku, W.K. 1967. The effect of incorporating crushed basalt rock into an infertile acid sand. *Rhodesia Zambia and Malawi Journal of Agricultural Research*, 5:33-138.
- Tito, G.A.; Chaves, L.H.G.; Carvalho, H.O.; Azevedo, N.C. 1997. Aplicação de bentonita em um Regossolo eutrófico. II - efeitos sobre as propriedades químicas do solo. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, 1:25-27.
- Van Straaten, P. 2006. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78:731-747.
- Von Fragstein, P.; Pertl, W.; Vogtmann, H. 1988. Verwitterungsverhalten silikatischer Gesteinsmehle unter Laborbedingungen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 151:141–146.
- Von Wilbert, K; Lukes, M. 2003. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulphate in a spruce stand on an acidified glacial loam. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 65:115–127.

Recebido em: 24/08/2011

Aceito em: 09/01/2012