



## Alterações nos atributos químicos do solo proveniente da adição de fontes alternativas portadoras de potássio

**Maurício Cunha Almeida Leite<sup>(2)</sup>; Vanessa Martins<sup>(3)</sup>, Ana Stella Gonçalves<sup>(4)</sup>, Luiz Roberto Guimarães Guilherme<sup>(5)</sup>, Giuliano Marchi<sup>(6)</sup>, Éder de Souza Martins<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq e da Fapemig.

<sup>(2)</sup> Graduando em Agronomia; Universidade Federal de Lavras (UFLA); Lavras, Minas Gerais; Mauricio.cal.10@gmail.com; <sup>(3)</sup> Doutoranda no curso de Pós Graduação em Ciência do Solo (UFLA) – Bolsista CNPq,

<sup>(4)</sup> graduanda em agronomia (UFLA), <sup>(5)</sup> Professor associado DCS - UFLA, <sup>(6)</sup> Pesquisadores – Embrapa Cerrados,

**RESUMO:** Dada a enorme geodiversidade que ocorre no Brasil, a tecnologia da aplicação de pó de rocha (rochagem) configura-se como uma excelente alternativa ao fornecimento de nutrientes no solo. Objetivou-se avaliar os efeitos de fontes alternativas de nutrientes nos atributos químicos do solo em um experimento de incubação realizado em casa de vegetação. Foi conduzido em vasos com 5 kg preenchidos com um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura média, com teor de K (Mehlich-1) de  $0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial  $5 \times 9 \times 3$ , sendo cinco doses de potássio (0, 150, 300, 450 e  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) e nove fontes alternativas de nutrientes (verdete, 25C:75V, verdete tratado com  $\text{NH}_4\text{OH}$ , ultramáfica, 25C:75U, fonolito, 25C:75F, resíduo de mineração, 25C:75R), com três repetições. As fontes alternativas de nutrientes foram aplicadas e incorporadas ao solo, deixando-os em incubação por um período de 45 dias, com a umidade em torno de 70% da capacidade de campo, e, após isto, foram feitas análises do solo. Os fertilizantes potássicos alteraram a disponibilidade de nutrientes, sendo que o resíduo de mineração e sua mistura foram os que mais liberaram K para o solo em todas as doses testadas.

**Termos de indexação:** pó de rocha, resíduo de mineradora, alternativa de fertilização.

### INTRODUÇÃO

Com a enorme geodiversidade que ocorre no Brasil, a tecnologia da aplicação de pó de rocha (rochagem) torna-se uma alternativa ao fornecimento de nutrientes no solo. As rochas silicáticas e os subprodutos normalmente contêm nutrientes de plantas em quantidades e disponibilidades que variam em função dos minerais presentes nas rochas, que contribuem para aumentar a fertilidade do solo, de médio a longo prazo, dependendo da solubilidade e reação com o solo (Van Straaten, 2007). Em geral, são fontes de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio

(Mg), muitas vezes incluindo elementos-traço, como o zinco (Zn) e o manganês (Mn), que são essenciais para a nutrição das plantas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação das rochas e do resíduo sobre a liberação de nutrientes e alteração nos atributos químicos do solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura média foram coletadas no município de Itutinga, MG, na camada de 0-20 cm. A análise do solo apresentou os seguintes valores: pH (água) = 4,6;  $\text{K}^+ = 22,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{S} = 10,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{P} = 0,42 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Ca}^{2+} = 0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{Mg}^{2+} = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $\text{Al}^{3+} = 0,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $(\text{H} + \text{Al}) = 3,43 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{SB} = 0,36 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{CTC a pH } 7,0 \text{ (T)} = 3,78 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Fe} = 18,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Zn} = 2,52 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Cu} = 0,71 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{B} = 0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Mn} = 0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ; areia =  $692 \text{ g kg}^{-1}$ ; silte =  $25 \text{ g kg}^{-1}$ ; argila =  $283 \text{ g kg}^{-1}$ . Os extratores foram: KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$  para Ca, Mg e Al; Mehlich-1 de K, P, Fe, Zn, Mn, Cu e Na, P-resina  $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$  e P-remanescente  $18,95 \text{ mg L}^{-1}$ .

As rochas foram aplicadas e incorporadas ao solo de cada vaso (5 kg de solo por vaso), colocados em casa de vegetação, deixando-os em um período de incubação de 45 dias, com a umidade em torno de 70 % da capacidade de campo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial  $9 \text{ (fontes)} \times 5 \text{ (doses)} \times 3 \text{ (repetições)}$ . Foram utilizadas nove fontes alternativas de nutrientes (fonolito, mistura de fonolito (25:75F), verdete, mistura de verdete (25:75V), verdete tratado com  $\text{NH}_4\text{OH}$  e calcinado (Verdete  $\text{NH}_4\text{OH}$ ), ultramáfica, mistura de ultramáfica (25:75U), resíduo de mineração de manganês e sua mistura (25:75R), sendo que as misturas contaram com 25% de calcário e foram calcinadas a  $800^\circ\text{C}$ , por uma hora, em mufla. As doses de potássio foram 0, 150, 300, 450 e  $600 \text{ kg}$

ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

A quantidade de rocha e de resíduo aplicadas ao solo foi definida com base na concentração total de óxido de potássio (K<sub>2</sub>O), sendo: verdete 5,10 %, ultramáfica 3,10 %, fonolito 5,45 %, resíduo 10,3 %, pelo método 3052 (USEPA1998). O pó de rochas e o subproduto de mineração usados neste estudo são originários de diferentes processos e regiões do país, e são apresentados a seguir: Fonolito (Lages, Santa Catarina), possui caráter fortemente alcalino devido aos altos teores de Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O; ultramáfica alcalina (Lages, Santa Catarina) rocha formada por uma intrusão ígnea, composta de minerais ferromagnesianos, plagioclásios e carbonatos; resíduos do processamento metalúrgico de manganês (Sete Lagoas, Minas Gerais), no processamento, o potássio é separado a partir do minério de ferro e concentra-se no resíduo; verdete (Cedro de Abaeté MG) é uma rocha de coloração verde clara, de matriz argilosa e com presença de óxido de ferro, de caráter sedimentar.

Após o período de incubação amostras de solo foram coletadas para análise de pH, Ca, Mg e K, para avaliar a reação das diferentes fontes de K no solo.

Os dados obtidos foram submetidos a testes de média e análise de regressão por meio do software estatístico SISVAR 5,3 ® (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, os valores de pH aumentaram proporcionalmente à dose e também variaram com a fonte multinutriente (figura 1). As misturas de rochas silicáticas calcinadas com calcário foram as que promoveram maiores elevações de pH do solo: 25:75U>25:75V>25:75F>25:75R em ordem decrescente de elevação do pH. Quando aplicados puro, o aumento do pH foi linear em função da dose, com exceção dos tratamentos verdete puro e verdete tratado com NH<sub>4</sub>OH, aonde não houve alteração em função da dose. O solo utilizado nesta pesquisa possui baixa CTC (T) (3,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) sendo pouco tamponado a minerais neutralizantes de acidez. Lopes-Assad et al. (2006), estudando a solubilização de pó de rocha pela ação do fungo *Aspergillus Níger*, concluíram que a elevação do pH na ultramáfica alcalina deve estar associada a uma liberação de bases contidas nos minerais dessas rochas.

A variação de pH também pode ser explicada pelos valores diferentes de carbonato total presentes em cada rocha, verdete (4,83 e 3,68), ultramáfica (13,1 e 18,5), fonolito (1,52 e 0,27) e

resíduo (3,58 e 0,79) mg kg<sup>-1</sup> de CaO e MgO, respectivamente.

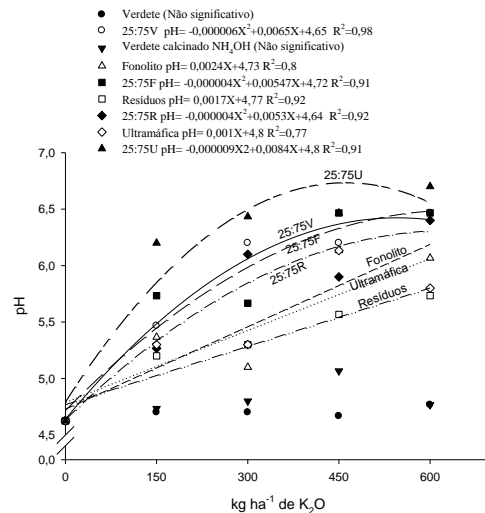


Figura 1. pH do solo em função dos tratamentos e das doses depois de 45 dias de incubação em vasos.

A disponibilidade de cálcio aumentou com a elevação das doses de K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> para todos os tratamentos com exceção do fonolito, verdete, verdete tratado com NH<sub>4</sub>OH e resíduo para o Ca<sup>+2</sup> (figura 2). Antes da adição dos tratamentos, a disponibilidade de Ca<sup>+2</sup> era muito baixa (0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e após o período de incubação, os fertilizantes promoveram aumento na disponibilidade de Ca<sup>+2</sup>, que passou da classe de disponibilidade "muito baixa" para a classe de "bom" (CFSEMG 1999).

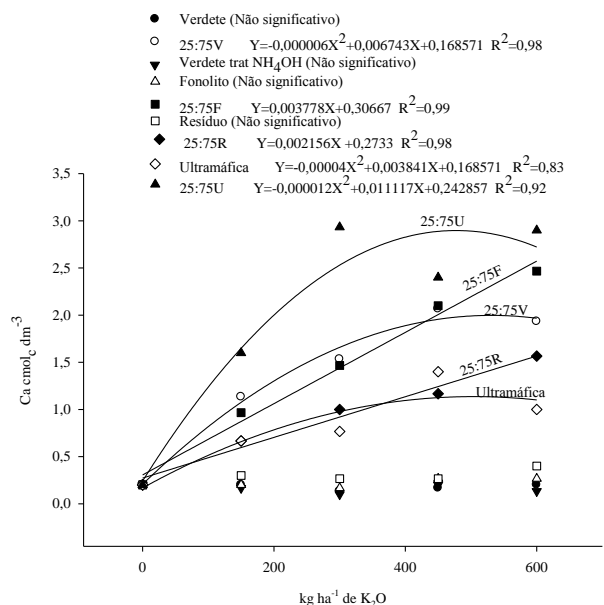
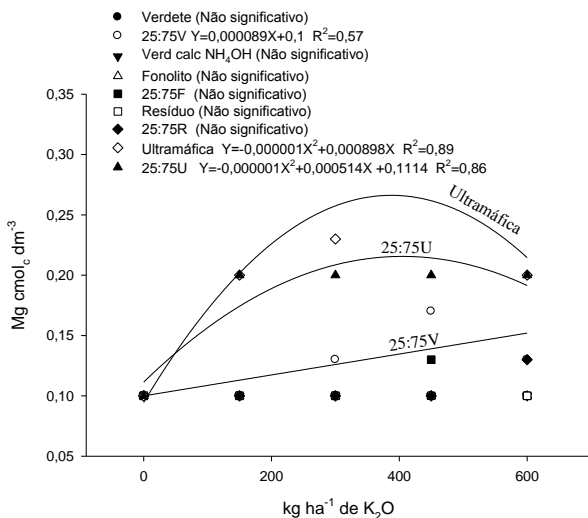


Figura 2: Disponibilidade de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) no solo em função dos tratamentos e das doses de K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> após 45 dias de incubação

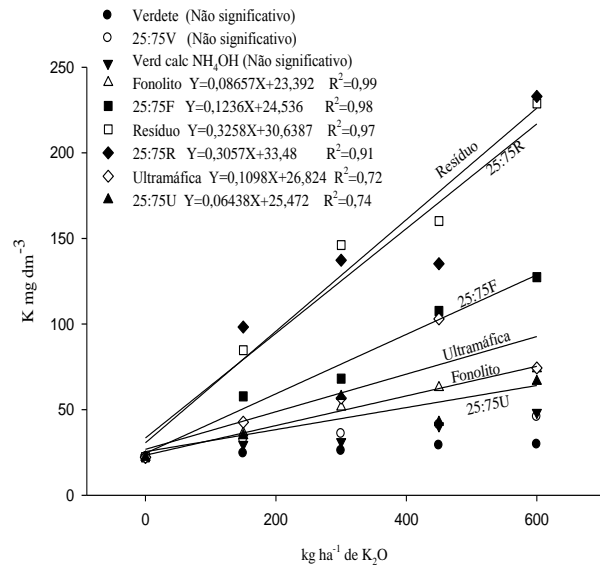
Somente ocorreram elevações na disponibilidade de magnésio no solo incubado com a ultramáfica e a mistura de 25% de calcário + 75% da ultramáfica, decaindo a partir da dose 400 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, e para a mistura 25:75V em que o incremento foi linear de acordo com a dose aplicada (figura 3).



**Figura 3:** Disponibilidade de magnésio (Mg<sup>2+</sup>) no solo em função dos tratamentos e das doses de K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> após 45 dias de incubação

A mineralogia das rochas é diversificada, demonstrando a liberação de nutrientes diferenciada para o solo pelas reações que ocorrem. As taxas de liberação de K<sup>+</sup> aumentaram no solo depois do período de 45 dias de incubação do solo com os fertilizantes multinutrientes, com exceção do verdete puro, em mistura com calcário e tratado com NH<sub>4</sub>OH (Figura 4). Embora esse silicato seja rico em K, não apresenta boa solubilidade, pois suas estruturas não são rompidas com facilidade por meios artificiais, sendo necessário um tratamento mais energético para a extração do elemento.

O aumento resultou em um efeito linear e positivo sobre o K<sup>+</sup> trocável do solo, ou seja, quanto maiores as doses de K<sub>2</sub>O aplicadas, maiores foram as concentrações do K trocável liberado. Os resultados evidenciam maior liberação para o resíduo (228,8 mg dm<sup>-3</sup>) e 25:75R (233 dm<sup>-3</sup>), por se tratar de um subproduto da mineração de manganês, já se encontra beneficiado, facilitando a liberação de elementos em sequência decrescente 25:75F>ultramáfica>fonolito>25:75U (figura 4).



**Figura 4:** Disponibilidade de potássio (K<sup>+</sup>) no solo em função dos tratamentos e das doses de K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> após 45 dias de incubação

O teor de K trocável no solo sem incubação foi de 22 mg dm<sup>-3</sup>, perto do mínimo para o crescimento da planta "baixo" (16-40 mg dm<sup>-3</sup>) (CFSEMG, 1999). Após os 45 dias de incubação mesmo, na menor dose aplicada, a maioria dos tratamentos já atingiram o nível "médio" (41-70 mg dm<sup>-3</sup>), e com o aumento das doses alcançou o nível de "alto" (71-120 mg dm<sup>-3</sup>) (figura 4).

## CONCLUSÕES

As rochas silicáticas de composição química variadas quando misturadas ao solo e incubadas por 45 dias alteram a disponibilidade de nutrientes e dos atributos químicos do solo. A maioria dos tratamentos, com exceção para o verdete e verdete calcinado e tratado com NH<sub>4</sub>OH, contribuíram para o aumento do pH do solo, destacando-se as misturas (25:75U, 25:75F, 25:75R).

As misturas, principalmente a 25:75U e a ultramáfica pura aumentaram a disponibilidade de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, sendo o resíduo de mineração foi o que mais disponibilizou K trocável para o solo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES e à FAPEMIG pela concessão das bolsas de estudo e pelo apoio financeiro.



## REFERÊNCIAS

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais - 5ª Aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p.

FERREIRA, D.F. SISVAR UM PROGRAMA PARA ANÁLISES E ENSINO DE ESTATÍSTICA. R. SYMPOSIUM, 6:36-41, 2008.

LOPES-ASSAD, M.L.; ROSA, M.M.; ERLER, G. & CECCATO-ANTONINI, S.R. SOLUBILIZAÇÃO DE PÓ-DE-ROCHA POR *ASPERGILLUS NIGER*. ESP. GEOGR., 9:1-17, 2006.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. TEST METHODS FOR EVALUATION SOLID WASTE PHYSICAL AND CHEMICAL METHODS: MICROWAVE ASSISTED ACID DIGEST OF SEDIMENTS, SLUDGES, SOILS AND OILS, SW - 846; U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: WASHINGTON, DC, 1998.

VAN STRAATEN, P. Agrogeology - The use of rocks for crops. Ambridge, enviroquest, 2007. 440p.