

# II SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE ENERGIA NA AGRICULTURA

## Acta Iguazu

ISSN: 2316-4093

### Atributos de fertilidade do solo e produtividade de milho e soja influenciados pela rochagem

Alessandra Mayumi Tokura Alovisi<sup>1</sup>, Diego Franco<sup>1</sup>; Alves Alexandre Alovisi<sup>1</sup>, César Filho Hartmann, Luciene Kazue Tokura<sup>2</sup>, Robervaldo Soares da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias, C. Postal 533, CEP: 79804-970 Dourados-MS.

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura. Rua Universitária, n. 2069, CEP: 85.819-110, Jardim Universitário, Cascavel, PR.

alessandraalovisi@ufgd.edu.br, alves.snpconsultoria@gmail.com,

**Resumo:** A crescente demanda por alimentos sem prejuízos ambientais, aliada ao reaproveitamento de recursos naturais, é o principal problema no âmbito das pesquisas científicas atuais e que desafia o agronegócio. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os atributos químicos do solo e a produtividade das culturas de milho e soja em resposta a adição de pó de basalto associados ou não ao bioativo Penergetic. O experimento foi desenvolvido em condições de campo, num delineamento experimental em blocos ao acaso, distribuídos em esquema fatorial (5x2). Foram avaliadas cinco doses de pó de basalto (0, 2, 4, 8 e 16 Mg ha<sup>-1</sup>), associados ou não ao bioativo, com quatro repetições. Foram avaliados nas áreas úteis de todas as parcelas os componentes de produtividade das culturas de milho e soja. Após a colheita da soja coletou-se solo para a determinação dos atributos químicos do solo. Os incrementos nos teores dos nutrientes no solo, após 16 meses da aplicação do pó de basalto e bioativo, foram relativamente baixos. Mesmo após a colheita de duas safras de grãos, o solo manteve a faixa adequada de interpretação dos atributos químicos do solo. A produtividade das culturas de milho e soja não foram influenciadas pela adição do pó de basalto e do bioativo.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, pó de basalto, nutrientes.

### Soil fertility and yield of maize and soybean crops influenced by rock

**Abstract:** The growing demand for food without environmental damage, combined with the reuse of natural resources, is the main problem in the scope of current scientific research and that challenges agribusiness. The aim of this study was to evaluate soil chemical attributes and yield of maize and soybean crops in response to the addition of basalt powder, associated or not to the Penergetic bioactive. The experiment was carried out under field conditions, in a randomized complete block design, distributed in a factorial scheme (5x2). Five doses of basalt powder (0, 2, 4, 8 and 16 Mg ha<sup>-1</sup>), associated or not to the bioactive, it were evaluated with four replicates. The yield components of corn and soybean crops evaluated in the useful areas of all plots. After the soybean harvest, they collected soil for determination of soil chemical attributes. The increases in soil nutrient content after 16 months of application of

basalt and bioactive were relatively low. Even after harvesting two grain crops, the soil maintained the proper range of interpretation of soil chemical attributes. The yield of corn and soybean crops were not influenced by the addition of basalt powder and the bioactive.

**Key words:** *Glycine max*, basalt powder, nutrients.

### Introdução

O Brasil é um dos maiores importadores mundiais de fertilizantes e o quarto maior consumidor (Inácio, 2013). Apesar dos fertilizantes solúveis liberarem mais rapidamente os nutrientes, e assim atenderem de forma mais eficaz as exigências da maioria das plantas cultivadas de ciclo curto, esses ao serem carregados pela água da chuva e/ou da irrigação podem contaminar rios e lençóis freáticos (Luchese et al., 2001).

Assim, é necessário encontrar fertilizantes que possua tanto macro como micronutrientes, e principalmente que apresente baixo custo.

Uma alternativa para a diminuição do uso de fertilizantes industriais no solo é a rochagem, que consiste na fertilização do solo pela adição de pó de rocha (Moraes, 2004; Theodoro e Leonardos, 2006). Segundo Melamed e Gaspar (2005), é uma técnica que fornece nutrientes para as plantas cultivadas durante longos períodos, além de promover o aumento da capacidade de troca de cátions, em razão da formação de novos minerais de argila durante o processo de alteração do material. Entretanto, o uso do pó de basalto na agricultura traz muitos questionamentos acerca das características do solo após um a dois anos da aplicação (Knapik e Ângelo, 2007). Melo et al. (2012) avaliou 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, concluíram que o pó de rocha basáltica pode ser considerado como uma fonte alternativa de fertilizante e corretivo do solo.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os atributos químicos do solo e a produtividade das culturas de milho e soja em resposta a adição de pó de basalto associados ou não ao bioativo.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'08" S, longitude 54°59'13" W e altitude de 434 m. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Cwa.

No experimento foram utilizados pó de basalto nas seguintes doses: 0, 2, 4, 8 e 16 Mg ha<sup>-1</sup>, totalizando 40 parcelas, as quais, 20 delas foram usados o bioativo Penergetic k (0,54 g

parcela<sup>-1</sup>). O pó de basalto apresentava as seguintes características: SiO<sub>2</sub> (49,35%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,17%), FeO<sub>2</sub> (15,45%), CaO (7,74%), MgO (3,67%), K<sub>2</sub>O (1,60%), N<sub>2</sub>O (2,62%), TiO<sub>2</sub> (3,67%), MnO (0,23%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,61%). O bioativo utilizado era constituído de: SiO<sub>2</sub> (56%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4,0%), CaO (4,0%), MgO (4,0%), K<sub>2</sub>O (2,0%), Na<sub>2</sub>O (0,4%), micronutrientes (3,5%).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico. A caracterização química do solo, antes da montagem do experimento foi efetuado nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. Foi coletado uma amostra composta, por cinco subamostras simples. As determinações químicas do solo seguiram a metodologia descrita por Claenssen (1997), com os seguintes resultados: pH em água: 5,7 e 5,4; pH CaCl<sub>2</sub>: 5,0 e 4,6; Ca (cmolc dm<sup>-3</sup>): 3,6 e 1,5; Mg (cmolc dm<sup>-3</sup>): 1,9 e 0,9; K (cmolc dm<sup>-3</sup>): 0,27 e 0,11; Al (cmolc dm<sup>-3</sup>): 0 e 0,6; H + Al (cmolc dm<sup>-3</sup>): 6,1 e 5,7; SB (cmolc dm<sup>-3</sup>): 119 e 82; P Mehlich-1 (mg dm<sup>-3</sup>): 16,4 e 4; MO (g dm<sup>-3</sup>): 27 e 17 e V%: 48 e 31, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos ao casualizados e os tratamentos em arranjo fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de pó de basalto, associados ou não a bioativo, com quatro repetições.

As parcelas foram alocadas em dimensões de 3,6x5 m, sendo constituída por oito linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,45 m, perfazendo uma área total de 18 m<sup>2</sup> e uma faixa de caminhamento de 2 metros entre as parcelas. Preparo de solo utilizado foi o convencional, com duas arações antes da aplicação do pó de basalto, posteriormente foi realizada uma gradagem niveladora, com incorporação do pó de basalto. O milho, Híbrido AG5055 VTPRO foi semeado após quatro meses da aplicação do pó de basalto. No dia da semeadura as sementes foram tratadas com Imidacloprido na dosagem de 0,1 l ha<sup>-1</sup>. Foi usada uma adubação na área experimental, correspondente a 300 kg ha<sup>-1</sup> de 10-15-15. Na fase inicial do milho, no estágio V3, foi feita a aplicação de inseticida (Lambda-cialotrina 106 g L<sup>-1</sup>, Thiamethoxam 141 g L<sup>-1</sup>) na dose de 0,3 L ha<sup>-1</sup>. No estágio V4 foi realizado a aplicação de herbicida (Atrazina 500 g L<sup>-1</sup>) na dose de 4 L ha<sup>-1</sup> para controle das plantas invasoras.

Para a avaliação da produtividade do milho, somente considerou-se as duas linhas centrais, desprezando um metro na extremidade de cada linha de plantas. A colheita foi realizada manualmente, retirando-se 15 espigas alternadas nas duas linhas centrais. As mesmas foram debulhadas em um debulhador mecanizado. A umidade dos grãos foi corrigida para 14% e posteriormente pesaram-se os grãos e os valores transformados em kg ha<sup>-1</sup>.

A soja foi semeada nas mesmas parcelas que o milho foi cultivado, 12 meses após a aplicação do pó de basalto e bioativo, utilizando a cultivar Turbo RR. A adubação

correspondeu a 300 kg ha<sup>-1</sup> de 0-20-20. Para as avaliações dos componentes da produção e produtividade de soja, foram consideradas as duas linhas centrais, desprezando um metro na extremidade de cada linha de plantas.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas na área experimental foi realizado de acordo com as recomendações para a cultura. A produtividade (corrigida a umidade dos grãos para 13% e, posteriormente, transformados para kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida a partir da colheita e pesagem dos grãos provenientes da área útil de cada parcela. Na ocasião, foi avaliada a massa de 1000 grãos.

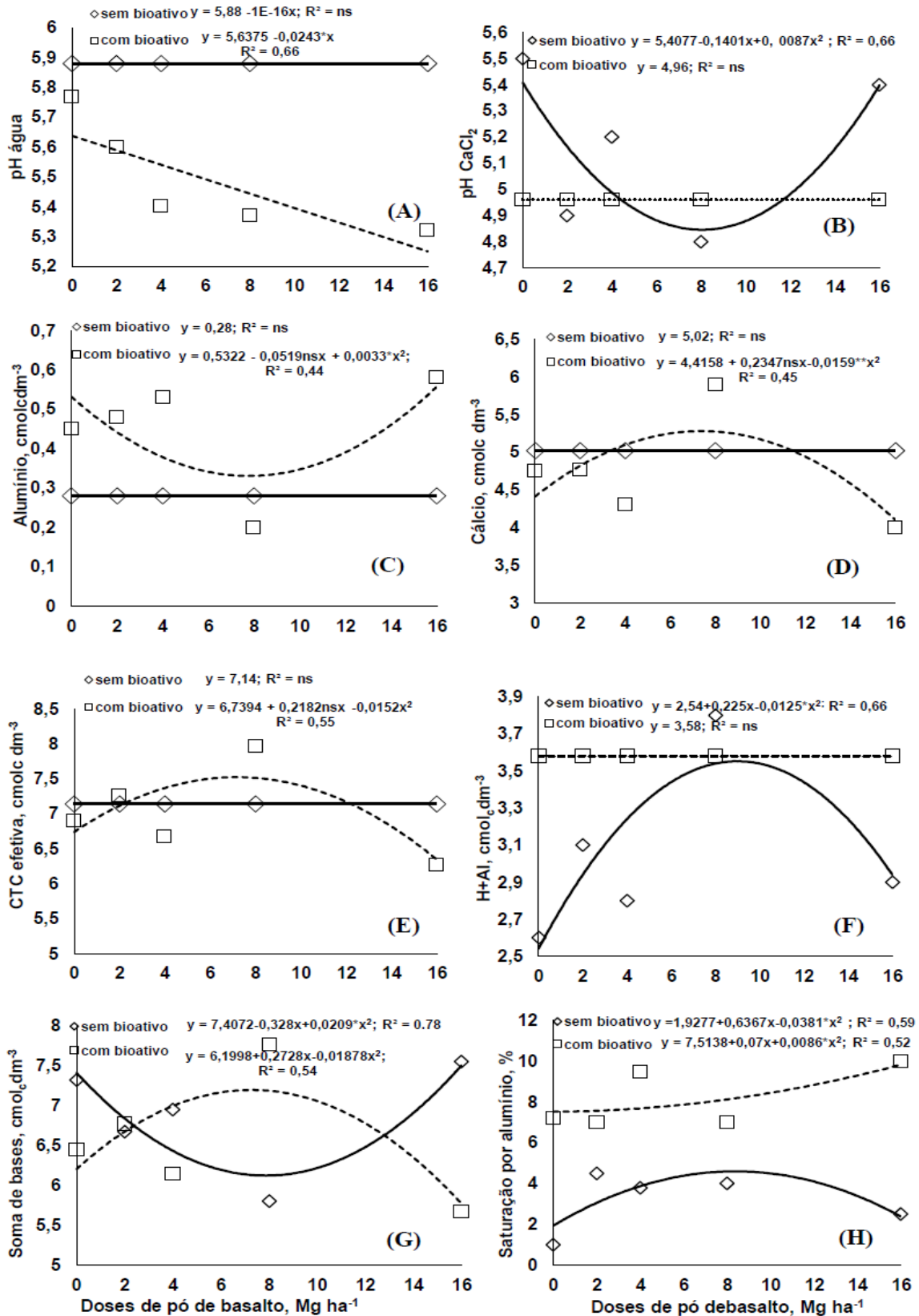
Após a colheita da soja, amostras de solo foram coletadas, após 16 meses da aplicação do pó de basalto e bioativo, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Após as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, e realizado a análise química onde foram determinados o pH em água, pH CaCl<sub>2</sub>, cálcio, magnésio, alumínio trocáveis, fósforo extraído por Melich-1 e potássio, segundo metodologia descrita por Claessen (1997). Os valores de CTC pH 7,0, soma (S) e saturação por bases (V%) foram obtidos por meio de cálculo.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Para as doses de pó de rocha, empregou-se análise de regressão, quando constatada significância das doses. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico ASSISTAT (Silva e Azevedo, 2016).

### Resultados e Discussão

Não houve significância da interação entre os tratamentos, nem do efeito isolado desses, na profundidade de 10-20 cm, que pode ser explicado pela forma de adição do pó de basalto, que foi distribuído a lanço na superfície do solo e incorporado com uma aração, não procedendo uma incorporação mais profunda.

Na profundidade de 0-10 cm, a interação doses de pó de basalto e bioativo foi significativa para pH em água, pH em CaCl<sub>2</sub>, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, CTC efetiva, H+Al, SB e m%, na profundidade de 0-10 cm (Figuras 1 A, B, C, D, E, F, G e H). Para os demais atributos de fertilidade do solo não houve interação entre os tratamentos, nem o efeito isolado desses, apresentando médias de: Mg<sup>2+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>): 1,4; K<sup>+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>): 0,53; P Mehlich1 (g dm<sup>-3</sup>): 16,1; CTC a pH 7,0 (cmolc dm<sup>-3</sup>): 10,10; MO (g dm<sup>-3</sup>): 25,7; e V%: 42,5. Valores esses considerados adequados para o crescimento e desenvolvimento das culturas anuais (Sousa e Lobato, 2004).



**Figura 1.** Atributos químicos do solo: pH em água (A), pH em CaCl<sub>2</sub> (B), teor de alumínio (C), teor de cálcio (D), CTC efetiva (E), H+Al (F), soma de bases (G) e saturação por alumínio (H), em função de doses de pó de basalto e bioativo, na profundidade de 0-10 cm.

Os valores de pH em água do solo diminuíram de forma linear, quando adicionou o bioativo (Figura 1A). O processo de acidificação do solo, com o uso do bioativo, possivelmente ocorreu pela hidrólise do bioativo e pela decomposição da matéria orgânica. Segundo Balzbionergetic (2012), o aumento na atividade microbiana no solo, proporcionada pela adição do bioativo, favorece o aumento no teor de  $\text{CO}_2$ , acidificando o meio. De acordo com Carmo (2001), a diminuição dos valores de pH na solução do solo deve-se a liberação de amônio ( $\text{N-NH}_4$ ) durante o processo de mineralização no solo, podendo indicar uma maior liberação de  $\text{H}^+$  para o meio promovendo acidificação. Segundo Ciprandi (1993), a presença de sais solúveis reduz o valor de pH em água. Nos tratamentos, sem o uso do bioativo, não houve ajuste da equação, obtendo média de pH de 5,88.

Segundo Ronquim (2010), a determinação de pH em água foi, durante muito tempo, o método padrão nas análises voltadas à finalidade de fertilidade. Entretanto, a utilização do pH em água como índice de acidez pode ter algumas limitações devido a umidade das amostras de solo coletas e dos diferentes tipos de solos. Os íons liberados pela mineralização da matéria orgânica, em amostras úmidas de solo, durante o período de transporte, armazenamento e preparo da amostra antes da análise, contribui para a aumentar a acidez do solo. Quando isso acontece, a determinação o pH em água é afetada.

A determinação do pH em  $\text{CaCl}_2$  em relação ao pH em água, apresenta vantagens para os solos agrícolas, porque esse método reduz ou evita a variação sazonal e ainda reduz o efeito das aplicações de fertilizantes salinos nas leituras de pH. Entretanto, para o agricultor de regiões carentes em laboratórios de análise química de solo, a determinação do pH em água é recomendado, visto que, é um método simples, prático e econômico (Ronquim, 2010).

Os valores de pH em  $\text{CaCl}_2$ , sem uso do bioativo, ajustaram-se ao modelo quadrático, obtendo um ponto de mínimo de 4,84, na dose de 8,05  $\text{Mg ha}^{-1}$ . Com o uso do bioativo não houve ajuste da equação, obtendo um valor médio de pH em  $\text{CaCl}_2$  de 4,96. Valores esses considerados, de acordo com Tomé Júnior (1997), dentro da classe de acidez alta (4,4 - 5,0).

O efeito da acidez do solo sobre as plantas provém, principalmente, das alterações químicas como: solubilização na solução do solo do alumínio, manganês e ferro, podendo atingir teores tóxicos, assim como, a complexação de alguns elementos essenciais, sendo o fósforo o mais limitante (Kochian, 1995). O alumínio em teores tóxicos na solução do solo inibe o crescimento e o desenvolvimento das raízes, ocasionando menor absorção de água e nutrientes (Hartwig et al., 2007).

O teor de alumínio foi influenciado pelas doses de pó de basalto quando associado com o bioativo, ajustando-se a função quadrática com teor mínimo de alumínio (0,33

$\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) alcançado com a estimativa de aplicação de  $7,86 \text{ Mg ha}^{-1}$ . A toxidez por  $\text{Al}^{+3}$  é o fator que mais limita a produção das culturas em solos ácidos. Apesar da interpretação dos valores (baixo, médio e alto) de alumínio no solo ser útil, a toxidez por alumínio depende do tipo de solo, do teor de matéria orgânica, do nível de fertilidade, do ambiente e da época do ano (Sumner, 1997). Assim, o que deve ser considerado na avaliação da fertilidade do solo é a saturação por alumínio, visto que, um teor alto de alumínio em um solo arenoso pode ser desprezível em um solo argiloso (Ronquim, 2010).

O teor de cálcio ajustou-se a função quadrática com o máximo teor ( $5,28 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ), sendo estimado com a aplicação de  $7,38 \text{ Mg ha}^{-1}$  de basalto associado ao bioativo (Figura 1D). O mesmo aconteceu com a CTC efetiva, com o máximo valor ( $7,52 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ), estimado com a dose de  $7,27 \text{ Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto associado ao bioativo. O valor máximo de acidez potencial (H+Al) ( $3,55 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ), pode ser estimado na dose de  $9,0 \text{ Mg ha}^{-1}$  de basalto associado ao bioativo (Figura 1F).

Observa-se que a soma de bases foi influenciada positivamente pelas doses de pó de basalto associada ao bioativo, ajustando-se à função quadrática com o máximo valor ( $7,19 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ), sendo alcançado com a estimativa de aplicação de  $7,26 \text{ Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto (Figura 1G). Entretanto, na ausência do bioativo, observa-se que aplicando  $7,85 \text{ Mg ha}^{-1}$  de pó de basalto, obtém-se um valor mínimo de  $6,12 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$  de SB (Figura 1G).

Os maiores valores de saturação por alumínio foram encontrados nos tratamentos onde houve a adição do bioativo, justamente nos tratamentos em que houve redução do pH em água (Figura 1A), independente das doses de pó de bioativo (Figura 1H). Esses resultados possivelmente ocorreram pelo aumento da atividade microbiana no solo e da mineralização da matéria orgânica do solo, proporcionada pela adição do bioativo. Entretanto, os valores de saturação por alumínio no solo encontram-se baixos (m% de 5-10%), sendo classificado por Osaki (1991), como pouco prejudicial para o crescimento e desenvolvimento das culturas. Os valores de CTC efetiva, H+Al, soma de bases e saturação por alumínio estão correlacionados aos dados obtidos de Al e Ca.

Apesar dos acréscimos e decréscimo nos valores de pH, Al, Ca, CTC, H+Al, SB e m%, as doses de pó de basalto testadas, associadas ou não ao bioativo, não modificaram a interpretação desses atributos químicos do solo, mantendo-se nos teores adequados no solo para as culturas anuais (Sousa e Lobato, 2004). Entretanto, para as condições em que o solo apresente pH menor do que 5,0 e valores de saturação por bases inferior a 50%, existe uma grande possibilidade do uso de corretivos, para elevação do pH e conseqüentemente da saturação por bases.

Mesmo após dois cultivos sucessivos, o fator capacidade do solo, ou poder tampão, foi capaz de manter os teores iniciais dos nutrientes no solo. Segundo Lacerda et al. (2015), em solos argilosos, como o do presente estudo, a relação entre a quantidade e intensidade é normalmente alta. Assim, à medida que a concentração do nutriente na solução diminui, em razão da absorção pelas culturas, ocorre a liberação dos nutrientes adsorvidos aos colóides para a solução do solo, a fim de manter o equilíbrio (Novais et al., 2007).

Considerando que o pó de basalto e o bioativo foram aplicados a 12 meses antes da semeadura da soja, mas os incrementos nos teores dos nutrientes foram relativamente baixos, indica que esses elementos devem estar presentes em minerais de baixa solubilidade e de lenta alteração.

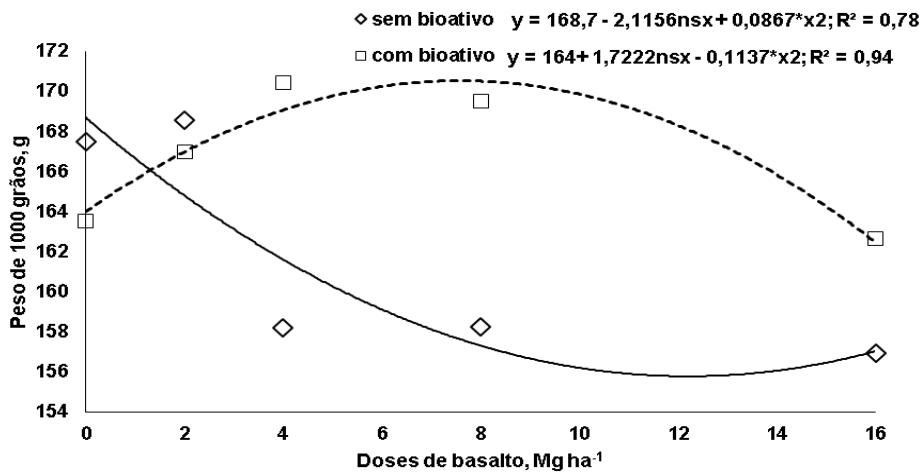
A baixa liberação desses cátions também foi constatada por Melo et al. (2012), em solos tratados com doses de até 100 Mg ha<sup>-1</sup>. Segundo Von Wilbert e Lukes (2003) essa lenta liberação não impede um impacto significativo sobre a nutrição das culturas em longo prazo, especialmente as de ciclo longo.

O milho de segunda safra, semeado após quatro meses da aplicação do pó de basalto e bioativo, não respondeu às doses de pó de basalto e bioativo, o que se deve a boa fertilidade do solo existente na área experimental e/ou a lenta liberação ou a baixa solubilidade do pó de rocha, conforme constatado nos atributos químicos do solo. A produtividade média do milho obtida no experimento foi de 4.917 kg ha<sup>-1</sup>. Resultado semelhante foi verificado por Silva et al. (2012), que não verificaram aumento da produtividade de feijão com o incremento de doses de pó de basalto, assim como Hanisch et al. (2013), não verificaram aumento na produtividade do milho após três anos da aplicação do pó de basalto em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico.

Segundo Harley e Gilkes (2000) a solubilidade lenta seria uma característica importante do uso de pó de rocha, por permitir que ocorra um efeito residual após a aplicação desse produto, o que reduziria a demanda por aplicação de fertilizantes por determinados períodos.

Já para a cultura da soja, observa-se que o peso de 1000 grãos foi influenciado significativamente pela interação de doses de basalto e bioativo, ajustando-se a função quadrática (Figura 2). O maior valor observado (170,20 g) foi obtido na dose de 7,6 Mg ha<sup>-1</sup> com o uso do bioativo. Já na ausência do bioativo, o peso dos grãos apresentou uma redução, com o menor valor obtido de grãos (155,79 g) na dose de 12,20 Mg ha<sup>-1</sup> de pó de basalto.





**Figura 2.** Peso de 1000 grãos em função da aplicação de doses crescentes do pó de basalto, com e sem bioativador. UFGD, Dourados – MS.

As produtividades em sacas ha<sup>-1</sup> e em kg ha<sup>-1</sup> foram influenciadas apenas pelo fator isolado bioativador adicionado ao solo (Tabela 1). Os maiores valores obtidos foram quando se utilizou o bioativador, superando em 4,72 (peso de 1000 grãos), 4,66 (sacas ha<sup>-1</sup>) e 279,46 (kg ha<sup>-1</sup>), em relação ao cultivo sem a adição do bioativador. Num estudo com soja foi observado aumento do vigor, produtividade, área foliar e radicular, estando mais uniforme, uniformidade na emergência e melhor desenvolvimento inicial (Castro, 2006), com o uso do bioativador.

**Tabela 1.** Análise de variância referente aos componentes de produtividade da cultura da soja, Dourados, MS.

Fonte de variação	GL	Peso 1000 grãos (g)	Produtividade (sacos ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Doses (D)	4	67,84ns	10,33ns	37207,21ns
Resíduo (A)	15	36,00	19,32	69552,48
Bioativador (B)	1	222,65*	216,92*	780913,52**
D x B	4	108,01*	3,52ns	12682,08
Resíduo (B)	15	32,17	19,67	70836,54
CV 1 (%)		3,65	12,43	12,43
CV 2 (%)		3,45	12,54	12,54
			Bioativo	
Sem		161,89b	33,04b	1982,51b
Com		166,61a	37,70a	2261,97a

ns: não significativo e \*\*, \*, significativo ao nível de 0,05 e 0,01, pelo teste F, respectivamente. GL grau de liberdade.

Considerando que o solo já vinha sendo manejado em plantio direto há alguns anos, é possível que a melhoria obtida sobre a qualidade do mesmo tenha sido suficiente para a manutenção das produtividades observadas, minimizando o efeito dos tratamentos.

### Conclusões

Os incrementos nos teores dos nutrientes no solo, após 16 meses da aplicação do pó de basalto e bioativo, foram relativamente baixos.

Mesmo após a colheita de duas safras de grãos, o solo manteve a faixa adequada de interpretação dos atributos químicos do solo.

A produtividade das culturas de milho e soja não foram influenciadas pela adição do pó de basalto e do bioativo.

### Referências

BALZBIONERGETIC. **Penergetic K**. Disponível em: <http://www.balzbioenergetic.com/penergetic/productos/2-2-penergetic-k>. Acesso em: 24 nov. de 2014.

CARMO, J.B. **Impacto da aplicação de biossólidos na atividade microbiana do solo**. 2001. 105p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CASTRO, P.R.C **Triametoxam. Uma revolução na agricultura brasileira**. São Paulo, 2006, 410p.

CIPRANDI, M.A.O. Avaliação da metodologia de determinação da acidez ativa e potencial em solos do Rio Grande do Sul. UFRGS. Porto Alegre, RS. 1993. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/MariaArmindaOrtizCiprandi.pdf>. Acesso em: 28 mar. de 2015.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

HANISCH, A.L.; FONSECA, J.A.da. BALBINOT JUNIOR, A.A.; SPAGNOLLO, E. Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 100-107, 2013.

HARLEY, A.D.; GILKES, R.J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.56, p.11–36, 2000.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C.de; CARVALHO, F.I.F.de; BERTAN, I.; SILVA, J.A.G.da; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; MAIA, L.C.; FONSECA, D.A.R.; REIS, C.E.S.dos. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

INÁCIO, S.R.F. **Produção e comercialização de insumos para produção de fertilizantes: um panorama mundial e os paradigmas do Brasil**. Esalq-Log, 2013. p.17.

KNAPIK, J.C.; ANGELO, A.C. Pó de basalto e esterco equino na produção de mudas de *Prunus sellowii* Koehne (Rosaceae). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 427-436, 2007.

LACERDA, J.J.deJ.; RESENDE, A. V.de.; FURTINI NETO, A. E.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O.P.da. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 9, p. 769-778, 2015.

LUCHESE, E.B.; BORTOTTI, F; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001.182 p.

KOCHIAN, L.V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 46, n. 1, p.237-260, 1995.

MELAMED, R.; GASPAR, J.C. **Eficiência de pó de rocha na bio-disponibilidade de potássio em sistemas de produção agrícola sustentáveis**, XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa – CETEM/COAM, 2005.

MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 4, p. 471-476, 2012.

MORAES, V. **Pó de rocha será nova fonte de potássio para agricultura**. 2004. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2004/novembro/bn.2004-12-10.8734344609/>. Acesso em: 30 jun. 2011.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.471-550.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 1. ed. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2010. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

SILVA, A.; ALMEIDA, J.A.; SCHMITT, C.; AMARANTE, C.V.T. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.4, p.548-554, 2012.

SILVA, F.deA.S.; AZEVEDO, C.A.V.de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 414 p., 2004.

SUMNER, M.E. Procedures used for diagnosis and correction of soil acidity: A critical review. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; SCHAFERT, R.E. **Plant-Soil Interactions at low pH: Sustainable agriculture and forestry production**. Campinas, Brazilian Soil Science Society, 1997. p. 195-204.

THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. p. 721-730. 2006.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba, SP: Agropecuária, 1997. 274 p.

VON 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, p. 115-127, 2003.

---

**Recebido para publicação em:** 01/12/2017

**Aceito para publicação em:** 04/12/2017

---

**Edição Especial: II Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura**  
**Acta Iguazu, v. 6, n. 5, p. 57-68, 2017.**