

# Processos visando aumentar a solubilização de rochas portadoras de nutrientes<sup>1</sup>

Otávio Prates da Conceição<sup>2</sup>, Álvaro Vilela de Resende<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pela Embrapa (MP2 02.11.01.020.00.03)

<sup>2</sup> Estudante do Curso de Agronomia da Univ. Fed. de São João Del-Rei, bolsista PIBIC do Convênio CNPq – Embrapa.

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, área de Fertilidade do Solo e Adubação.

## INTRODUÇÃO

A utilização de rochas portadoras de nutrientes representa, atualmente, uma prática alternativa para complementação ou substituição parcial das adubações convencionais na agricultura. Contudo, a baixa solubilidade das rochas geralmente inviabiliza respostas tão eficientes quanto às esperadas pelo uso dos adubos convencionais solúveis. Assim sendo, tem-se buscado processos de tratamento que venham a incrementar a solubilização e agregar valor aos produtos derivados de rochas.

A incorporação de rochas moídas em processos de compostagem constitui uma opção para a solubilização de determinados minerais, visto que há contato direto das partículas com ácidos orgânicos gerados ao longo das reações bioquímicas num ambiente de intensa atividade microbiana. Outra opção seria o tratamento térmico das rochas, aproveitando alguma fonte de calor, num processo capaz de romper a estrutura cristalina dos minerais portadores de nutrientes e aumentar sua solubilidade.

Considerando essas possibilidades, avaliou-se no presente trabalho a submissão das rochas fosforito e verdete a dois processos, envolvendo compostagem ou exposição a altas temperaturas, como meios para aumentar sua solubilidade e capacidade de liberação de nutrientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Estudo 1 – Efeito de processo de compostagem*

Foi realizado um processo de compostagem, seguido de um ensaio em casa de vegetação. Na compostagem, foram constituídas pilhas contendo esterco bovino, bagaço de cana-de-açúcar, vinhaça e enxofre elementar. Conforme o tratamento, foram combinadas doses (50 ou 100 kg) da rocha fosforito ou verdete, ou ambas, na forma de pó. O fosforito utilizado contém 20% de  $P_2O_5$  total e o verdete, 9,8% de  $K_2O$  total. Em alguns dos tratamentos foi aplicado também um inoculante, contendo estirpes de microrganismos solubilizadores selecionadas pela Embrapa Milho e Sorgo. O

tempo total de compostagem foi de 110 dias.

Com os produtos da compostagem, foi montado um ensaio em vasos sob casa de vegetação a fim de se avaliar a disponibilização de P e K para o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.). Foram constituídos 17 tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Conforme a especificação de cada tratamento (Tabela 1) foram realizadas calagem e adubação básica com macro e micronutrientes. As quantidades aplicadas dos produtos da compostagem foram equivalentes a 20 t/ha, valor este duplicado em dois dos tratamentos (2x). Para fins comparativos, também foram incluídos tratamentos com aplicação apenas das rochas como únicas fontes de P ou K.

Após 40 dias de incubação do solo com os tratamentos nos vasos, coletaram-se amostras para serem analisadas quanto aos atributos químicos, segundo metodologias descritas em Silva (1999). Aos 56 dias após a semeadura, no início do florescimento do milheto, a parte aérea foi cortada para determinação da produção de massa seca da parte aérea (MSPA), cujos dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2008).

**Tabela 1** - Composição dos tratamentos testados no ensaio em vasos com milheto.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Adições para compor os tratamentos				
	Corretivo de acidez <sup>(2)</sup>	Fonte solúvel de N <sup>(3)</sup>	Fonte solúvel de P <sup>(4)</sup>	Fonte solúvel de K <sup>(5)</sup>	Micro + S <sup>(6)</sup>
Controle	-	-	-	-	-
Calagem - P - K	+	+	-	-	+
Completo	+	-	+	+	+
Completo- P	+	+	-	+	+
Completo- K	+	-	+	-	+
Fosforito puro	+	+	-	+	+
Verdete puro	+	-	+	-	+
Composto puro	+	+	-	-	+
Composto P50	+	+	-	+	+
Composto P50 + inoculante	+	+	-	+	+
Composto P100 + inoculante	+	+	-	+	+
2x Composto P100 + inoculante <sup>(7)</sup>	+	+	-	+	+
Composto K50	+	+	+	-	+
Composto K50 + inoculante	+	+	+	-	+
Composto K100 + inoculante	+	+	+	-	+
2x Composto K100 + inoculante <sup>(7)</sup>	+	+	+	-	+
Composto P50 + K50	+	+	-	-	+

<sup>(1)</sup>Compostos puros, P50, P100, K50 e K100, com ou sem inoculante: produtos do processo de compostagem durante 110 dias, com ou sem inoculação de microrganismos solubilizadores e adição das rochas fosforito (P50 e P100) ou verdete (K50 e K100) nas proporções de 50 ou 100 kg m<sup>-3</sup>, aplicados aos vasos em quantidade equivalente a 20 t ha<sup>-1</sup>. <sup>(2)</sup>Mistura CaCO<sub>3</sub>+ MgO, na relação Ca:Mg de 3:1, para elevar a saturação por bases a 80%.

<sup>(3)</sup>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>: nitrogênio fornecido em doses equivalentes a 113 mg kg<sup>-1</sup> (para os tratamentos que não receberam P). <sup>(4)</sup>NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: fornecimento de 250 mg kg<sup>-1</sup> de P e 113 mg kg<sup>-1</sup> de N. <sup>(5)</sup>KCl: fornecimento de 200 mg kg<sup>-1</sup> de K. <sup>(6)</sup>Combinações de reagentes p.a. para fornecer S, B, Cu, Mn, Zn e Mo, nas quantidades de 30; 0,5; 2; 3; 4 e 0,25 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. <sup>(7)</sup>2x corresponde à aplicação do composto em dose dobrada, equivalente a 40 t ha<sup>-1</sup>.

## ***Estudo 2 – Efeito de processo térmico***

Em condições laboratoriais foram testadas misturas, equivalentes em peso, de pó das rochas fosforito e verdete com material vegetal moído, submetidas a processos de pirólise. A biomassa vegetal utilizada foi de plantas de capim elefante (*Pennisetum purpureum*), secas e trituradas em partículas com até 2 mm.

Amostras de cada mistura foram colocadas em cápsulas de porcelana e inseridas em um forno tipo mufla para o processamento térmico, no qual buscou-se obter a carbonização parcial da biomassa vegetal. As amostras permaneceram ao longo de quatro horas no interior da mufla, com variações de temperatura em diferentes intervalos de tempo. Os materiais resultantes dos processos de pirólise foram posteriormente submetidos a análises químicas para discriminação dos teores solúveis de P e K, através da extração em ácido cítrico (1 mol/L) e em água, respectivamente, de acordo com metodologias descritas em Silva (1999).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Estudo 1***

O tratamento que recebeu o fosforito puro como fonte de fósforo elevou a disponibilidade do nutriente no solo, mas sem reflexos na resposta do milho em produção de matéria seca (Tabela 2). A aplicação dos compostos contendo o fosforito também promoveu incrementos na disponibilidade de P determinada com a solução Mehlich 1. Contudo, sabe-se que esse extrator fornece valores superestimados de P quando da aplicação de fosfatos naturais (Novais & Smith, 1999; Sousa & Lobato, 2004). Não obstante, observa-se que, apesar de estatisticamente igual, a produção de matéria seca foi ligeiramente estimulada com a presença do agromineral no composto quando comparado ao tratamento no qual se aplicou o composto orgânico puro.

Atentando para os tratamentos “Composto P50” e “Composto P50+inoculante”, percebe-se que o uso de inoculante à base de microrganismos solubilizadores no processo de compostagem parece ter favorecido maior dissolução do fosfato, refletida na disponibilidade de P no solo, no entanto, reduziu a produção de matéria seca do milho. De qualquer modo, as tendências observadas para as variáveis medidas em relação ao uso do fosforito não foram claramente alteradas pela inoculação com microrganismos e nem pelo prolongamento do processo de compostagem até os 110 dias. Tanto a inoculação quanto o tempo de compostagem não tiveram efeitos significativos na resposta aos

tratamentos no presente trabalho, quando confrontado com os resultados obtidos por Resende et al. (2011), ao avaliarem os produtos da compostagem conduzida no prazo mais curto de 40 dias.

**Tabela 2** - Atributos químicos do solo após a incubação com os tratamentos e produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) pelo milheto.

Tratamentos	pH	P	K	Ca	Mg	S	V	MSPA
		.... mg dm <sup>-3</sup> ....	.... cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ....	mg dm <sup>-3</sup>	%	g vaso <sup>-1</sup>		
Controle	4,9	1	29	0,7	0,1	6	9	0,24 e
Calagem -P -K	6,0	1	33	4,0	1,2	20	56	0,70 e
Completo	5,8	34	196	3,8	1,3	24	53	27,87 a
Completo-P	5,9	1	203	4,0	1,3	18	58	0,44 e
Completo-K	5,9	36	34	4,0	1,5	26	54	11,93 d
Fosforito puro	6,0	48	203	4,2	1,3	20	59	0,81 e
Verdete puro	6,2	35	33	4,2	1,4	24	58	10,96 d
Composto puro	5,9	5	137	4,1	1,5	43	59	13,95 c
Composto P50	5,7	29	256	4,3	1,5	38	58	20,64 b
Composto P50 + inoculante	5,9	48	245	4,5	1,4	37	59	15,35 c
Composto P100 + inoculante	5,9	56	232	4,5	1,5	30	59	17,68 c
2 x Composto P100 + inoculante	5,7	103	276	4,5	1,6	41	58	27,18 a
Composto K50	5,6	41	110	4,3	1,6	41	55	21,68 b
Composto K50 + inoculante	5,7	36	81	4,5	1,5	37	55	21,78 b
Composto K100 + inoculante	5,8	40	88	4,4	1,4	38	56	20,25 b
2 x Composto K100 + inoculante	5,6	45	137	5,3	1,9	52	60	19,88 b
Composto P50 + K50	6,0	32	90	4,2	1,4	27	56	10,43 d
CV (%)	2,2	13,2	4,9	6,2	8,5	14,4	3,5	15,7

\* Médias de MSPA seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

\*\* P e K determinados com o extrator Mehlich1.

\*\* Compostos puros, P50, P100, K50 e K100, com ou sem inoculante: produtos do processo de compostagem durante 110 dias, com ou sem inoculação de microrganismos solubilizadores e adição das rochas fosforito (P50 e P100) ou verdete (K50 e K100) nas proporções de 50 ou 100 kg m<sup>-3</sup>, aplicados aos vasos em quantidade equivalente a 20 t ha<sup>-1</sup>. Tratamentos 2x correspondem à aplicação do composto em dose dobrada, equivalente a 40 t ha<sup>-1</sup>.

Em relação ao verdete, também não foram encontradas mudanças nas tendências em relação ao trabalho daqueles autores. Os processos de compostagem utilizados não exerceram influência alguma na solubilização desse agromineral. Os teores de K no solo pelo extrator Mehlich1 foram

intensamente afetados pela fração orgânica, que continuou sendo o principal constituinte a atuar como fonte do nutriente, modulando a produção de matéria seca pelo milho (Tabela 2).

### Estudo 2

Nesse ensaio, ainda preliminar, o processo de pirólise até a temperatura de 400 °C promoveu apenas um ligeiro aumento de solubilidade do verdete (Tabela 3). Quando em mistura com a biomassa de capim elefante, observou-se a mesma tendência. Porém, ao que tudo indica, prevaleceu a disponibilização do K contido na biomassa vegetal, o qual é facilmente dissolvido e foi concentrado no material remanescente à medida que os processos de pirólise promoveram redução de massa das amostras originais.

No caso do fosforito, a solubilidade do P presente nas amostras não foi afetada pelos processos de pirólise, nas faixas de temperatura e de tempo de aquecimento testadas.

**Tabela 3.** Teores de K solúvel em água e P solúvel em ácido cítrico em misturas de biomassa vegetal e pó de rochas, submetidas a processos de pirólise.

Misturas de materiais	Processo de pirólise		
	Sem pirólise	1h a 100 °C + 3h a 200 °C	1h a 100 °C + 1h a 200 °C + 1h a 300 °C + 1h a 400 °C
	..... K solúvel em água (mg kg <sup>-1</sup> ).....		
Capim elefante	49,1	162,0	652,8
Capim + Verdete	25,6	36,7	40,5
Verdete	1,7	1,4	2,9
	..... P solúvel em ácido cítrico (mg kg <sup>-1</sup> ).....		
Capim + Fosforito	3,4	4,6	5,3
Fosforito	5,3	5,7	5,1

## CONCLUSÕES

A compostagem e o tratamento térmico proporcionaram ganhos pouco expressivos de solubilidade das rochas fosforito e verdete nas condições experimentais avaliadas até o momento.

## REFERÊNCIAS

- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**(Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.
- RESENDE, A.V.; HICKMANN, C.; BATISTA, R.O.; MARRIEL, I.E.; MOREIRA, S.G.; GOTT, R.M.; CONCEIÇÃO, O.P. **Avaliação preliminar de um processo de compostagem visando solubilização e agregação de valor a agrominerais como fontes de fósforo e potássio**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 25p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).

SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p.157-200.