

## SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATOS INCUBADOS COM AMOSTRAS DE LATOSSOLO SUBMETIDAS A DIFERENTES NÚMEROS DE REVOLVIMENTO<sup>(1)</sup>

R.F. NOVAIS<sup>(2)</sup>, A.F.C. BAHIA FILHO<sup>(3)</sup>, A.C. RIBEIRO<sup>(2)</sup>  
& C.A. VASCONCELOS<sup>(3)</sup>

### RESUMO

Amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro foram uniformemente misturadas com três doses (0, 1 e 3t/ha) de fosfato-de-araxá e patos-de-minas. Durante um período de três meses de incubação, os tratamentos foram submetidos a diferentes números de revolvimento. Em um tratamento, o material, depois da homogeneização inicial do solo com o fosfato, não foi mais revolvido. Em outro, o material foi revolvido e homogeneizado aos 45 dias depois do início da incubação. No terceiro tratamento, fez-se essa operação aos 30 e 60 dias e, no quarto, aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias do início da incubação. Amostra do solo, sem fosfato sofreu também os mesmos tratamentos de revolvimento. Todos os tratamentos receberam, inicialmente, água equivalente à capacidade de campo e, daí para a frente, de 15 em 15 dias, sendo que, para os revolvidos, a irrigação era feita imediatamente após essa operação. Depois da incubação, retirou-se uma amostra de solo de cada tratamento para análise de rotina. Todos os tratamentos receberam calagem (4,6t/ha), 100 ppm K, 50 ppm N e 5 ppm Zn e, trinta dias mais tarde, semeou-se sorgo-granífero. A solubilização dos fosfatos, medida pelo acréscimo no Ca trocável, aumentou com o número de revolvimentos, de maneira mais pronunciada para o fosfato-de-araxá. Entretanto, a produção de matéria seca do sorgo, bem como a absorção de fósforo, foi mais elevada com um número intermediário de revolvimentos. Aparentemente, maior número de revolvimentos, responsável por maior força de dreno dos produtos de solubilização, foi também a causa para maior movimentação do P-lábil para o não-lábil, causando o comportamento diferencial da planta.

### SUMMARY: SOLUBILIZATION OF PHOSPHATE ROCKS INCUBATED WITH LATOSOL SAMPLES UNDER DIFFERENT NUMBER OF MIXINGS

Dark Red Latosol samples were thoroughly mixed with three levels (0, 1 and 3 ton/ha) of "Araxá" and "Patos" phosphate rocks. During three months of incubation, the treatments were submitted to different number of mixings. In the first treatment, the material, after the initial homogenization of the soil and phosphate, was no more mixed. In the second treatment, the material was mixed and homogenized at 45 days after the beginning. In the third treatment, the mixings were done at 30 and 60 days and in the fourth at 15, 30, 45, 60 and 75 days. Samples of the nonphosphate soil received also the same mixing treatments. All treatments received initially water to field capacity and so on each 15 days. For those mixing treatments scheduled for those same times, the irrigation was done immediately after the treatment. After all the period of incubation, soil samples of each treatment were taken and analysed. All treatments received lime (4.6 ton/ha), 100 ppm K, 50 ppm N and 5 ppm Zn and 30 days later, sorghum was seeded. The phosphate solubilization, measured by the variation in the exchangeable soil Ca, increased with the number of mixings, mainly for the "Araxá" phosphate rock. However, the sorghum dry matter yield as well as the P uptake was higher for an intermediate number of mixings. Apparently, more mixings, which are responsible for a larger sink to the solubilization products, are also the cause for a greater transformation of labile-P into non-labile-P, causing the differential plant behaviour observed.

### INTRODUÇÃO

A grande expansão da agricultura brasileira nos cerrados tem feito com que a pesquisa seja direcionada também para a compreensão dos problemas relacionados à baixa fertilidade natural desses solos. Essa compreensão leva, naturalmente, a soluções técnicas que têm viabilizado o cultivo

econômico de tais áreas. Nesse sentido, grandes esforços têm sido dedicados ao problema fósforo (P). Para sua correção, a utilização de fosfatos naturais como adubação corretiva, dada a existência de grandes reservas desse material no país e dadas as condições favoráveis à sua utilização existentes nesses solos, tem merecido destaque especial nos programas de pesquisa. Entretanto, a eficiência de um desses

(1) Recebido para publicação em outubro de 1984 e aprovado em abril de 1985.

(2) Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570 - Viçosa (MG).

(3) Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA/CNPMS, Caixa Postal 151, CEP 35700 - Sete Lagoas (MG).

fosfatos, como fonte de P para as plantas, varia bastante entre solos com distintos graus de acidez. Assim, inúmeros pesquisadores têm mostrado a maior acidez do solo como condição necessária para maior solubilização dos fosfatos naturais (Peaslee et alii, 1962; Blanco et alii, 1965; Bragança, 1979; Goedert & Lobato, 1980, e Cantarutti et alii, 1981).

Quanto ao tempo de contato desses fosfatos com o solo, alguns trabalhos têm mostrado que com o aumento desse tempo, depois de certo período, a disponibilidade de P para as plantas decresce (Bragança, 1979; Novais et alii, 1980, e Cabala et alii, 1983), embora a reatividade dessas fontes de P aumente exponencialmente com o tempo de contato (Novelino, 1984, e Couto<sup>(4)</sup>).

Outro aspecto inerente ao solo, comprovadamente importante na definição da magnitude de solubilização dos fosfatos naturais, é a grandeza da "força de dreno" para os produtos da dissolução do fosfato (Khasawneh & Doll, 1978; Smith & Sanchez, 1982; Novelino, 1984, e Couto<sup>(4)</sup>). De maneira semelhante, um fosfato natural incorporado a um solo apresentará maior solubilização quando o solo for cultivado, pois a planta será um dreno para o P e para o Ca liberados (Khasawneh & Doll, 1978). Portanto, à medida que uma partícula de fosfato presente em um solo começa a solubilizar-se, deverá ocorrer, gradualmente, uma saturação da solução do solo em sua volta, atingindo um equilíbrio químico que limitará a continuidade da solubilização. Um solo com definida característica de dreno para os íons liberados deverá, depois de certo período de contato com a partícula, ter sua força de dreno renovada, se a partícula, parcialmente solubilizada, for transportada para uma nova região. E esse transporte, repetido certo número de vezes, na prática, mediante arações e gradagens, deverá acelerar a solubilização de fosfatos naturais incorporados ao solo. Este trabalho teve como objetivo testar essa hipótese, ou seja, verificar o efeito do revolvimento do solo sobre a solubilização de fosfato natural a ele incorporado e sobre a disponibilidade de P para as plantas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro foram química e fisicamente caracterizadas: pH em H<sub>2</sub>O (1:2,5) = 4,0; 2 ppm P (Mehlich-1); 2,2 meq/100g Al<sup>3+</sup> (KCl 1N); 0,4 meq/100g Ca<sup>2+</sup> (KCl 1N); 0,1 meq/100g Mg<sup>2+</sup> (KCl 1N); 35ppm K (Mehlich-1); 8% areia grossa; 17% areia fina; 16% silte; 59% argila. Essas amostras foram uniformemente misturadas com duas doses (1 e 3t/ha), além da dose zero, de fosfato-de-araxá e patos-de-minas. As análises das concentrações totais de P e de Ca dos fosfatos (material na forma comercial com 6% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico a 2%, e com pelo menos 85% das partículas passando em peneira de 200 mesh) apresentaram 29,97% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 24,0% Ca e uma relação de equivalência de P/Ca igual a 1,057 para o fosfato-de-araxá e 27,7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 21,4% Ca e a relação P/Ca igual a 1,078 para o fosfato patos-de-minas.

Vinte e quatro amostras de solo, cada uma com 9kg, receberam as doses dos fosfatos programadas que foram incorporadas e homogeneizadas e, daí para a frente, receberam, durante três meses de incubação, quatro tratamentos

constituídos por diferentes números de revolvimento de todo o material-solo de todos os tratamentos.

Em um tratamento, o material não foi revolvido durante aquele período; em um segundo, o material foi revolvido e homogeneizado apenas uma vez, na metade daquele período — aos 45 dias depois do início da incubação; em um terceiro, o revolvimento e a homogeneização foram feitos por duas vezes — aos 30 e 60 dias, e no quarto, foram feitos cinco revolvimentos — aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias depois de iniciada a incubação.

Apenas o solo como testemunha para os dois fosfatos sofreu também os mesmos tratamentos.

Todos os tratamentos receberam água, ao nível da capacidade de campo, imediatamente após o início da incubação, não mais se adicionando água até o 15º dia, quando aqueles tratamentos que deveriam ser revolvidos depois dessa operação recebiam, juntamente com os demais tratamentos, água até à capacidade de campo. Este esquema de umedecimento e secagem seguiu até o final do período de incubação — três meses.

Os tratamentos constituíram o fatorial 4 x 3 x 2, respectivamente quatro intensidades de revolvimento, três doses de fosfato natural e dois fosfatos. Os tratamentos foram distribuídos em casa-de-vegetação segundo o delineamento em blocos inteiramente casualizados.

Depois do período de incubação, amostrou-se cada tratamento para estimar a percentagem de solubilização da apatita. Para isso, considerou-se a relação estequiométrica Ca/P na apatita, calculando-se a solubilização, tomando-se como base o aumento do Ca trocável no solo causado pelo fosfato solubilizado, como sugerem Khasawneh & Doll (1978).

Posteriormente, todos os tratamentos receberam uma calagem correspondente a 4,6t (PRNT = 100%) por hectare na forma de uma mistura de carbonatos de cálcio e de magnésio, na relação de Ca:Mg igual a 4:1, uniformemente misturada com o solo. Essa dose de calcário foi definida, utilizando-se uma curva de incubação, de modo a elevar o pH do solo a 5,5. Novamente, a umidade foi elevada ao nível da capacidade de campo do solo, medindo-se o pH de todos os tratamentos 30 dias mais tarde, quando os solos já se encontravam secos: foram encontrados valores variáveis de 5,3 a 5,5. De cada tratamento, foi retirada uma amostra de 1kg para análises químicas de rotina (Vettori, 1969) e, o restante, colocado em vasos de plástico, com capacidade para 2kg de solo, em quatro repetições.

Em cada vaso, foram adicionados, em solução, 100 ppm K, 50 ppm N e 5 ppm Zn em relação ao peso do solo. A umidade foi novamente elevada à capacidade de campo e semeado sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, var. 'Br 301'). Depois do desbaste, foram deixadas quinze plantas por vaso. Daí até o final do experimento, foram adicionados, de cinco em cinco dias, 50 ppm de N, em relação ao peso do solo. Decorridos 42 dias, a parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo e seca em estufa de circulação de ar, e, o conteúdo de fósforo, analisado segundo Braga & Delfelipo (1974).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Maior número de revolvimentos do solo que recebeu os fosfatos causou um aumento no teor de cálcio trocável

(4) Dados não publicados — Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa.

(Quadro 1), conseqüência de maior solubilização do fosfato. Em razão do maior teor de Ca trocável nessas condições, foram observados ligeiro aumento do valor de pH e decréscimo do teor de Al. Os teores de Mg e K permaneceram praticamente inalterados, com valores semelhantes aos encontrados originalmente. E o extrator Mehlich 1, dada sua característica de dissolução de P-Ca de maneira mais energética, detectou apenas as variações de doses testadas dos fosfatos.

Para o fosfato-de-araxá, principalmente, a solubilização aumentou consistentemente, com o número de revolvimentos (Quadro 2). Esse tratamento, que procura simular o efeito do preparo de solo, quando se utilizam aração e gradagem, evidencia o efeito da mudança de lugar da partícula de fosfato sobre sua solubilização, conseqüência da "renovação" das forças de dreno para os produtos da dissolução. E, como poderia ser esperado, o aumento da dose de fosfato de uma para três toneladas diminuiu o efeito do revolvimento. À medida que se aumenta a dose, a maior presença de fosfato no solo diminui a possibilidade de uma partícula, ao mudar de lugar, encontrar uma região não enriquecida pelos produtos da dissolução de outras partículas. Nesse aspecto, o efeito de doses se confunde com o de revolvimento, uma vez que, também, para um mesmo número de revolvimento, a solubilização, em termos relativos, decresce com o aumento da dose. Nesse caso, a maior dose leva à possibili-

dade de maior proximidade entre as partículas de fosfato no solo, havendo uma interferência aditiva entre os produtos da dissolução, de modo a determinar uma solubilização relativamente menor dessas partículas.

O efeito da força de dreno do solo sobre a solubilização de fosfato natural é extremamente discutido na literatura (Khasawneh & Doll, 1978; Smith & Sanchez, 1982; Novelino, 1984). Entretanto, não foi encontrado, na literatura disponível, trabalho tratando do efeito da movimentação ou do preparo do solo sobre a solubilização de fosfato natural.

O fosfato patos-de-minas, embora com comportamento semelhante ao observado para o araxá, apresentou, praticamente, a metade da solubilização observada para o araxá (Quadro 2). Menor reatividade deste fosfato no solo em relação ao araxá tem sido freqüentemente observada (Cantarutti et alii, 1981).

Os resultados de solubilização dos fosfatos (Quadro 2) levam aparentemente a contradições quando são comparados com a disponibilidade de P para a planta, medida pelo crescimento da planta e absorção de P (Quadro 3) ou mesmo pelo P recuperado (Quadro 4). Assim, os tratamentos com o maior número de revolvimentos, que levaram à maior solubilização dos fosfatos, foram os responsáveis pelo menor crescimento das plantas e menor concentração e acúmulo de P na sua parte aérea, bem como pela menor recuperação de P aplicado.

São freqüentes os trabalhos mostrando que o maior tempo de contato solo-fosfato, que causa sua maior solubilidade, causa, também, menor disponibilidade de P para as plantas (Chien, 1977; Bragança, 1979; Novais et alii, 1980; Cabala et alii, 1983, e Novelino, 1984), ou menor P-lábil, medido pela resina de troca iônica (Smith & Sanchez, 1982). Pode-se deduzir que, embora tenha havido a solubilização do fosfato, os produtos formados apresentaram-se mais estáveis que o original, numa forma de P-não-lábil.

Lana (1983), em situação semelhante, verificou, ao longo de cultivos de sorgo, que a aplicação de fosfato natural sob forma de partículas menores levava a resultados inferiores àqueles obtidos com partículas maiores. Em ambas as situações — tempo de reação e tamanho de partículas — pode-se concluir que condições para maior reatividade ou solubilidade do fosfato levam, também, a uma

Quadro 1. Análise química de rotina dos diferentes tratamentos: revolvimentos do solo e doses do fosfato-de-araxá e patos-de-minas, após o período de incubação dos tratamentos.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5)	meq/100g			ppm	
		Al <sup>(2)</sup>	Ca <sup>(2)</sup>	Mg <sup>(2)</sup>	P <sup>(3)</sup>	K <sup>(3)</sup>
R <sub>0</sub> A <sub>0</sub>	3,9	1,99	0,413	0,099	2,4	33
R <sub>1</sub> A <sub>0</sub>	3,9	2,22	0,437	0,116	1,3	37
R <sub>2</sub> A <sub>0</sub>	3,9	2,05	0,419	0,111	1,5	35
R <sub>5</sub> A <sub>0</sub>	3,9	2,24	0,413	0,113	1,6	36
R <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	4,1	1,93	0,587	0,105	16,1	36
R <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	4,1	1,97	0,600	0,111	16,1	35
R <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	4,0	2,05	0,613	0,109	15,7	35
R <sub>5</sub> A <sub>1</sub>	4,1	2,13	0,669	0,120	15,1	39
R <sub>0</sub> A <sub>3</sub>	4,1	1,85	0,850	0,105	58,6	35
R <sub>1</sub> A <sub>3</sub>	4,1	1,93	0,844	0,113	58,3	36
R <sub>2</sub> A <sub>3</sub>	4,1	1,83	0,906	0,105	57,2	35
R <sub>5</sub> A <sub>3</sub>	4,1	1,93	0,969	0,118	49,5	39
R <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	3,9	2,09	0,394	0,099	2,3	37
R <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	3,9	2,02	0,431	0,109	2,3	35
R <sub>2</sub> P <sub>0</sub>	3,9	2,21	0,400	0,109	2,3	37
R <sub>5</sub> P <sub>0</sub>	3,9	2,24	0,413	0,122	1,8	36
R <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	3,9	2,04	0,475	0,103	17,8	35
R <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	3,9	2,09	0,475	0,105	16,4	36
R <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	3,9	2,13	0,500	0,109	15,7	35
R <sub>5</sub> P <sub>1</sub>	3,9	2,24	0,519	0,118	19,5	37
R <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	3,9	2,03	0,594	0,097	57,9	33
R <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	4,1	1,97	0,613	0,111	57,2	36
R <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	4,1	1,99	0,650	0,107	62,5	36
R <sub>5</sub> P <sub>3</sub>	3,9	2,14	0,656	0,122	58,6	37

(<sup>1</sup>) R indica revolvimento tendo como índice o número de revolvimentos durante a incubação; A indica fosfato-de-araxá e, P, patos-de-minas, tendo como índice a dose de fosfato (t/ha). (<sup>2</sup>) Extrator: KCl 1N. (<sup>3</sup>) Extrator: Mehlich 1.

Quadro 2. Efeito do número de revolvimentos do solo e de doses do fosfato-de-araxá e patos-de-minas sobre a solubilização estimada de fósforo dos fosfatos, em valores acumulados.

Tratamento <sup>(1)</sup>	Solubilização	Tratamento	Solubilização
	%		%
R <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	29,6	R <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	15,2
R <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	27,2	R <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	8,2
R <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	32,4	R <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	18,7
R <sub>5</sub> A <sub>1</sub>	42,7	R <sub>5</sub> P <sub>1</sub>	19,8
R <sub>0</sub> A <sub>3</sub>	24,3	R <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	12,5
R <sub>1</sub> A <sub>3</sub>	22,6	R <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	11,3
R <sub>2</sub> A <sub>3</sub>	27,1	R <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	15,6
R <sub>5</sub> A <sub>3</sub>	30,2	R <sub>5</sub> P <sub>3</sub>	15,2

(<sup>1</sup>) R indica revolvimento, tendo como índice o número de revolvimentos durante a incubação; A indica fosfato-de-araxá e, P, patos-de-minas, tendo como índice a dose de fosfato testada (t/ha).

Quadro 3. Efeito dos tratamentos – revolvimento do solo e doses do fosfato-de-araxá e patos-de-minas – sobre a produção de matéria seca, concentração e fósforo acumulado na parte aérea de sorgo

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Parte aérea seca		Fósforo na parte aérea
	g/vaso	%	mg P/vaso
R <sub>0</sub> A <sub>0</sub>	2,325	0,059	1,4
R <sub>1</sub> A <sub>0</sub>	2,550	0,069	1,8
R <sub>2</sub> A <sub>0</sub>	2,603	0,085	2,2
R <sub>5</sub> A <sub>0</sub>	2,615	0,072	1,9
R <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	4,347	0,105	4,6
R <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	3,240	0,086	2,7
R <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	3,807	0,087	3,4
R <sub>5</sub> A <sub>1</sub>	2,923	0,075	2,2
R <sub>0</sub> A <sub>3</sub>	6,203	0,106	6,6
R <sub>1</sub> A <sub>3</sub>	7,210	0,109	7,9
R <sub>2</sub> A <sub>3</sub>	6,740	0,097	6,5
R <sub>5</sub> A <sub>3</sub>	4,863	0,083	4,0
R <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	2,563	0,077	2,0
R <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	2,060	0,059	1,2
R <sub>2</sub> P <sub>0</sub>	2,445	0,065	1,6
R <sub>5</sub> P <sub>0</sub>	2,063	0,058	1,2
R <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	2,770	0,078	2,2
R <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	2,765	0,077	2,2
R <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	3,033	0,079	2,4
R <sub>5</sub> P <sub>1</sub>	2,260	0,057	1,3
R <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	3,870	0,086	3,3
R <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	4,923	0,106	5,2
R <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	3,560	0,088	3,2
R <sub>5</sub> P <sub>3</sub>	3,117	0,073	2,3
DMS 0,05 <sup>(2)</sup> – Revolvim./ Dose fosf.	1,070	0,052	1,4
– Dose/Re- volvim. fosf.	0,970	0,047	1,2

(1) R indica revolvimento tendo como índice o número de revolvimentos durante a incubação; A indica fosfato-de-araxá e, P, patos-de-minas, tendo como índice a dose de fosfato testada (t/ha). (2) Diferença mínima significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Quadro 4. Efeito do número de revolvimento do solo e de doses do fosfato-de-araxá e patos-de-minas sobre a recuperação do fósforo aplicado pela planta (parte aérea)

Tratamento <sup>(1)</sup>	P Recuperado	Tratamento	P Recuperado
	%		%
R <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	2,45	R <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	0,16
R <sub>1</sub> A <sub>1</sub>	0,69	R <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	0,84
R <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	0,92	R <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	0,67
R <sub>5</sub> A <sub>1</sub>	0,23	R <sub>5</sub> P <sub>1</sub>	0,08
R <sub>0</sub> A <sub>3</sub>	1,33	R <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	0,36
R <sub>1</sub> A <sub>3</sub>	1,56	R <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	1,12
R <sub>2</sub> A <sub>3</sub>	1,10	R <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	0,45
R <sub>5</sub> A <sub>3</sub>	0,54	R <sub>5</sub> P <sub>3</sub>	0,31

(1) R indica revolvimento, tendo como índice o número de revolvimentos durante a incubação; A indica fosfato-de-araxá e, P, patos-de-minas, tendo como índice a dose de fosfato testada (t/ha).

passagem mais rápida do P da forma lábil, existente logo após sua liberação, para a não-lábil, posteriormente. Por esses resultados, como pelos apresentados neste trabalho, pode-se concluir que técnicas agrônômicas, condições de solo, características do fosfato, que favoreçam reatividade ou solubilidade do material, são também responsáveis pela transformação mais rápida do P lábil para o não-lábil. Assim, pode-se deduzir que condições para menor ou menos intensa reatividade deverão ser mais favoráveis às plantas que aquelas extremas que permitem solubilização mais rápida, freqüentemente tidas como ideais para usar fosfatos naturais.

#### LITERATURA CITADA

- BLANCO, H.G.; VENTURINI, W.R.; GARGANTINI, H. Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo para trigo, com estudo do efeito residual para soja. Bragantia, Campinas, 24:261-279, 1965.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. R. Ceres, Viçosa, 21:73-85, 1974.
- BRAGANÇA, J.B. Solubilização do fosfato de Araxá, em diferentes tempos de incubação, em um solo com diversos níveis de alumínio trocável. Tese de Mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1979. 69f.
- CABALA, R.P. & SANTANA, M.B.M. Influência do tempo de contato com o solo e valor fertilizante de fontes fosfatadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., Curitiba, 1983. Resumos. Curitiba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 45.
- CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, R.F.; THIÉBAUT, J.T.L. Época de aplicação de fosfato natural em relação à calagem, num solo com elevado teor de alumínio trocável. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5: 129-133, 1981.
- CHIEN, S.H. Dissolution of phosphate rocks in a flood acid soil. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 41:656-657, 1977.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agrônômica dos fosfatos em solos de cerrado. Pesq. agropec. bras., Brasília, 15:311-318, 1980.
- KHASAWNEH, F.E. & DOLL, E.C. The use of phosphate rock for direct application to soils. Adv. Agron., New York, 30:159-206, 1978.
- LANA, R.M.Q. Influência do tamanho das partículas do fosfato de Araxá sobre a produção de matéria seca de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Tese de Mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1983. 68f.
- NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; MARTINS FILHO, C.A.S. Efeito de tempo de incubação do fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 4:153-155, 1980.
- NOVELINO, J.O. Solubilização da apatita de Araxá, em diferentes tempos de incubação com amostras de cinco Latossolos, na presença e ausência de calagem. Tese de Mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 40f.
- PEASLEE, D.E.; ANDERSON, G.A.; BURNS, G.R.; BLACK, C.A. Estimation of relative value of phosphate rock and superphosphate to plants on different soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 26:566-570, 1962.
- SMITH, T.J. & SANCHEZ, P.A. Phosphate rock dissolution and availability in cerrado soils as affected by phosphorus sorption capacity. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 46:339-344, 1982.
- VETTORI, L. Métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7)