

EFEITO DE FONTES DE FÓSFORO NA VARIAÇÃO DE pH E  
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO, CÁLCIO E MAGNÉSIO,  
EM UM SOLO DE VIÇOSA\*

José Mário Braga  
Flávio A. L. do Amaral\*\*

1. INTRODUÇÃO

A acidez do solo é controlada pelo fenômeno de troca iônica e por reações de adsorção (2, 5).

Muitos dos efeitos resultantes de reações de adsorção têm ação temporária, como o caso da variação do pH provocada pela adição de fertilizantes (5, 11, 12). Este tipo de acidez depende da ação de microrganismo, das características do anionte e do catante (6, 7, 9) e do efeito residual provocado pelo sistema de obtenção do material fertilizante (10).

Trabalhos mostrando a ação de fontes de elementos sobre a variação de pH foram feitos, inicialmente, por PIERRE, conforme citam ADAMS e PEARSON (2). PIERRE sugeriu que a acidez residual provocada pela adição de fertilizantes, corresponderia somente à diferença entre o equivalente de cationtes e de aniontes. Entretanto, este valor depende também de característica do solo e do sistema de manejo (1, 2, 6).

---

\* Aceito para publicação em 28-6-1971.

\*\*Respectivamente, Professor Adjunto e Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa.

Na literatura existente, encontram-se relativamente poucos trabalhos que tratam das flutuações de pH do solo, causadas por aplicação de fontes de fósforo (3, 8, 10).

Para RUSSEL e RUSSEL (8) o superfosfato simples tem um efeito residual depressivo da ordem de 0,056 unidades de pH para cada 100 kg de superfosfato simples aplicado. COLEMAN e THOMAS (5) acreditam que o abaixamento do pH, neste caso, seja em virtude da acidificação causada pela hidrólise, dando origem à formação do ácido fosfórico.

O termofosfato, em razão da presença de magnésio, tem funções alcalinizantes, sendo a elevação do pH relacionada com a presença deste elemento (4).

Este trabalho tem como objetivo obter dados que mostrem as relações entre as variações de pH, cálcio, magnésio, fósforo, e as seguintes fontes de fósforo: superfosfato simples, fosfato diamônico, termofosfato magnesiano, apatita de Araxá, farinha de ossos e ácido fosfórico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente ensaio, utilizou-se amostra composta de um solo Aluvial Antigo (Cambisol Podzólico ?), no "campus" da Universidade Federal de Viçosa, em terrenos da Divisão de Agronomia.

A amostragem do solo foi feita seguindo-se as normas de amostragem para campos experimentais.

O teste foi efetuado a partir de terra fina seca ao ar (TFSA), em vasos de cerâmica revestidos de folhas de plástico, onde foram colocados três kg de solo por vaso. Utilizaram-se seis fontes de fósforo: superfosfato simples (20% de  $P_2O_5$ ); farinha de ossos (20% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico a 2%); ácido fosfórico (85% de  $P_2O_5$ ); termofosfato (20% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico a 2%) e fosfato de Araxá (6% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico a 25%) e fosfato diamônico (45% de  $P_2O_5$ ).

A adição destas fontes foi realizada nos níveis que variaram de zero a 500 kg de  $P_2O_5$ /ha, com variação de um nível para outro de 100 kg de  $P_2O_5$ , tendo sido aplicados misturando-se bem o solo e a quantidade calculada de fertilizante.

Além da aplicação de fósforo, foi aplicada uma dose de calcário calculada para elevar o pH do solo a 6,5. Nitrogênio e potássio como sulfato de amônia e cloreto de potássio, respectivamente, também foram aplicados, juntamente com uma mis-

tura de micronutrientes.

Além dos tratamentos com as fontes de fósforo, estudou-se o solo sem calagem e sem fósforo e o solo com calagem e mistura de micronutrientes.

No teste foi utilizado o feijão 'Rico-23', cuja massa verde foi colhida 40 dias após o plantio. Em seguida, foram tomadas as amostras de cada tratamento, procedendo-se as análises de pH em água, na relação 1:1, fósforo, cálcio e magnésio. Para a extração de fósforo, cálcio e magnésio utilizaram o extrator ácido da mistura de ácido sulfúrico 0,025 N e ácido clorídrico 0,05 N. O fósforo foi determinado, usando-se como redutor do complexo fosfo-molibdico a vitamina C; o cálcio e magnésio por complexometria, sendo usados calceína e eriocromo Black-T como indicadores, respectivamente (11).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de análise química do solo, conforme os tratamentos, estão colocados no quadro 1 e a análise estatística desses dados no quadro 2.

O valor de pH não se alterou, quando comparado ao da testemunha com calagem, nos casos em que as fontes aplicadas foram fosfato de Araxá, farinha de ossos e ácido fosfórico.

Mas, quando se aplicou o superfosfato simples, o fosfato diamônico e o termofosfato, houve uma alteração no pH, sendo que os dois primeiros diminuíram-lhe o valor.

O superfosfato simples alterou o pH, principalmente logo depois de aplicada a primeira dose. Depois das quantidades de fósforo terem sido aplicadas, os dados de pH e doses de  $P_2O_5$  ajustaram-se a uma regressão linear que se vê na figura 1. A alteração do pH foi da ordem de 0,00135 unidades de pH para cada kg de  $P_2O_5$ /ha aplicado. Este valor é o dobro do valor que RUSSEL e RUSSEL (8) encontraram. Possivelmente, tal diferença resida no tipo de solo dos locais estudados. Para o caso deste ensaio o solo é de fraco poder tampão, enquanto que, no caso citado, os solos possuíam argila 2:1, de poder tampão mais elevado.

O fosfato diamônico também alterou o pH, diminuindo de 0,00276 unidades de pH, para cada quilo de fosfato aplicado por hectare. Observando-se a figura 1, nota-se que o pH do solo no tratamento com superfosfato simples, após aplicados 500 kg de  $P_2O_5$ /ha, foi o mesmo que com a aplicação de fosfato diamôni-



QUADRO 1 - Média de três repetições dos valores de pH, cálcio, magnésio e fósforo no solo, de acordo com os tratamentos

Tratamento	Nível kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	pH (1:1)	Cálcio eqmg/100g	Magnésio eqmg/100g	Fósforo ppm
Testemunha	-	6,2	6,8	1,30	6,0
Testem. + Calcário		7,1	9,4	1,80	7,3
Test. + Cal. + Micro Fosfato de Araxá		6,8	9,2	2,50	8,5
	100	6,6	16,9	2,00	659,8
	200	6,5	22,7	4,03	1278,3
	300	6,4	31,0	5,43	1300,0
	400	6,4	31,4	6,73	1300,0
	500	6,4	31,4	6,76	1300,0
Superfosfato Simples					
	100	6,2	10,6	2,50	29,8
	200	6,4	12,2	2,70	132,3
	300	5,9	14,7	2,73	149,5
	400	6,0	17,1	3,80	862,3
	500	5,8	20,5	4,30	1100,6
Termofosfato					
	100	7,1	10,8	3,50	47,0
	200	7,1	11,6	3,30	84,5
	300	7,4	14,7	5,96	222,5
	400	7,4	16,9	10,50	322,8
	500	7,5	19,8	8,76	414,0
Farinha de Ossos					
	100	7,0	11,9	1,21	7,8
	200	7,1	15,6	1,01	7,6
	300	7,1	21,8	1,26	7,8
	400	7,1	24,0	1,14	7,6
	500	7,1	26,8	1,28	6,7
Fosfato Diamônico					
	100	6,5	8,4	0,89	32,2
	200	6,3	8,2	1,34	48,8
	300	5,9	8,1	0,92	121,3
	400	5,6	8,1	1,00	185,3
	500	5,5	7,9	1,17	253,5
Ácido Fosfórico					
	100	6,4	8,5	1,03	8,5
	200	6,3	7,7	1,13	9,8
	300	6,3	8,2	1,16	12,7
	400	6,2	8,0	1,06	15,5
	500	6,3	8,6	1,20	17,7

QUADRO 2 - Análise de variância dos dados de pH e dos teores de cálcio, magnésio e fósforo

Causa Variação	Graus Liber- dade	pH	Quadrados Médios		
			Cálcio	Magnésio	Fósforo
Blocos	2	0,0027	3,380	0,4732	0,06
Tratamentos	(32)	0,8756**	152,66**	17,7029**	498,991,70**
Nível	4	0,2000**	153,33**	16,0225**	220,613,25**
Fonte	5	4,5400**	646,97**	44,1111**	2692,917,00
Nível x Fonte	20	6,1800**	32,91**	68,9729**	67,528,90
Nível em Fósforo de Araxá	4	0,0220	116,45**	9,8256**	436,983,00**
Reg. Linear	1		111,74**	35,6430**	907,027,60**
" Quadrática	1		306,72**	3,6430*	615,987,20**
Falta Ajustamento	2		23,68**	0,0875	112,458,50**
Nível em Superfósforo	4	0,1975**	41,24**	1,8956*	27,701,73*
Reg. Linear	1	0,5603**	161,00**	6,6270**	104,465,40*
" Quadrática	1	0,0044	-	-	1,57
Falta Ajustamento	2	0,1153**	1,32	0,3186	3,169,98
Nível Termofósforo	4	0,0775*	46,35**	30,4640**	68,310,44*
Reg. Linear	1	0,2803**	182,53**	94,3413**	272,349,35**
" Quadrática	1	0,0016		0,3090	
Falta Ajustamento	2	0,0281	0,96	13,6023**	297,81
Nível em Farinha de Ossos	4	0,0025	113,30**	0,0336	426,89
Reg. Linear	1				
Nível em Fósforo Diamônico	4	0,5875**	4,39**	0,0368	25,866,11*
Falta Ajustamento	3	2,2963**	0,10		100,572,30**
Reg. Linear	1				
" Quadrática	1	0,0044			
Falta Ajustamento	2	0,0246			990,72
Nível em Ácido Fosfórico	4	0,0175	0,45	0,0143	43,91
Reg. Linear					
" Quadrática					
Falta Ajustamento					
Resíduo	64	0,0236	5,94	0,6366	
TOTAL	98				

\* Valor significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Valor significativo ao nível de 1% de probabilidade.

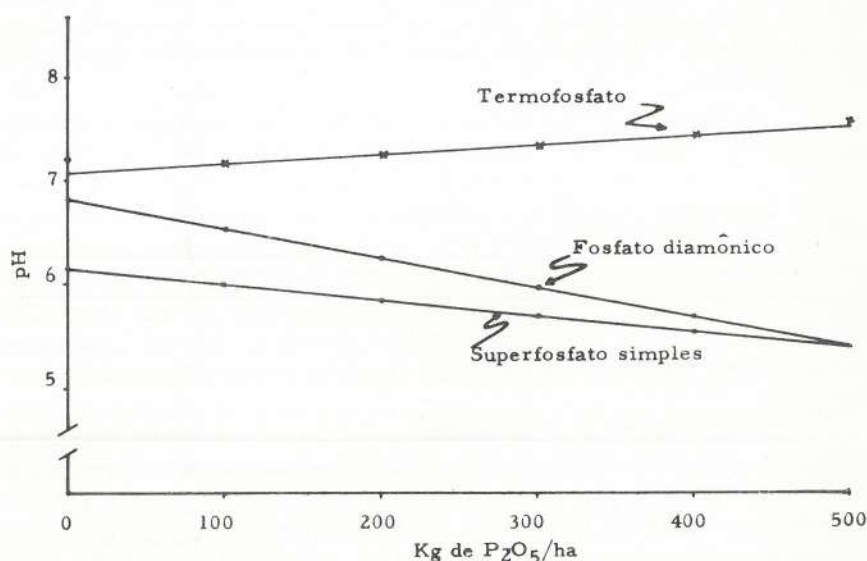


FIGURA 1 - Efeito de doses de superfosfato simples, termofosfato e fosfato diamônico na variação de pH.

co, muito embora os valores iniciais tenham sido diferentes.

O termofosfato alterou positivamente o pH na razão de 0,00098 unidades de pH por unidade de material fosfatado adicionado no solo.

Com relação aos teores de cálcio encontrados no solo, apenas o fosfato diamônico e o ácido fosfórico não alteraram significativamente o teor deste elemento.

As demais fontes provocaram aumento no cálcio do solo, sendo que os maiores valores recuperados foram com o fosfato de Araxá. Pelo menos dois fatores contribuíram para o teor mais elevado, neste caso: a) solubilização de cálcio do carbonato de cálcio, encontrado, como impureza, na apatita de Araxá, por efeito do ácido usado no extrator e b) a maior quantidade do material fosfatado que foi usado, comparativamente às demais fontes. O fosfato de Araxá foi usado na base de 6% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico a 2%.

O coeficiente de regressão entre os teores de cálcio e níveis de  $P_2O_5$  aplicados foram de 0,0377; 0,0247; 0,0233 e 0,0382, respectivamente, para fosfato de Araxá, superfosfa-

to simples, termofosfato e farinha de ossos. Nota-se que há praticamente, igualdade entre os valores de regressão de fosfato de Araxá e farinha de ossos e de superfosfato simples e termofosfato.

Com relação ao cálcio, embora os seus valores apresentem-se modificados, não mostram correlação significativa com o pH encontrado, o que aparentemente seria estranho. Mas o fato somente informa que a utilização de extrator ácido, como no caso presente, mostra que o cálcio não é trocável, e, desta maneira, não afetaria o pH da solução. O teor de cálcio encontrado seria apenas resultante da solubilização do material cálcico adicionado ao solo. Este fato é confirmado se se atentar para o caso em especial do superfosfato simples e fosfato diamônico.

Em relação ao magnésio, o fosfato de Araxá, o termofosfato e o superfosfato simples contribuíram para a elevação do teor de magnésio no solo, enquanto que as demais fontes não alteraram o valor de magnésio. O coeficiente de regressão das fontes mencionadas foram de 0,0176, 0,00469 e 0,01229, respectivamente, para o termofosfato, superfosfato simples e fosfato de Araxá. Verifica-se que houve uma equivalência dos coeficientes de regressão para termofosfato e fosfato de Araxá. Comparando estes valores com os outros dados, pode presumir-se que a variação seja devida ainda à solubilização da matéria-prima usada. É interessante observar que o termofosfato libera relativamente menos magnésio do que o fosfato de Araxá.

Em relação à contribuição de fósforo, todas as fontes liberaram fósforo, e a variação foi relacionada com as doses aplicadas. A maior alteração do teor de fósforo do solo foi devida ao uso do fosfato de Araxá e a menor, à farinha de ossos, sendo que esta não apresentou diferença significativa com a testemunha.

A testemunha com calcário liberou mais fósforo do solo do que o solo sem calagem, fato já conhecido na literatura.

Os coeficientes de regressão foram de 2,871, 1,302, 0,972, 0,579 e 0,024, respectivamente, para o superfosfato simples, o fosfato de Araxá, o termofosfato simples, o fosfato diamônico e o ácido fosfórico.

Observando os dados de fósforo recuperados com o uso do superfosfato simples, nota-se que os acréscimos por 100 kg de  $P_2O_5$  são bastante desuniformes. Houve uma variação significativa, após aplicado o segundo nível de fósforo, porém, o



acréscimo foi mínimo, do segundo para o terceiro nível. A diferença foi de 712,8 ppm com a aplicação da quarta dose. A diferença entre a segunda e terceira dose não foi significativa e isto sugere uma faixa de saturação do complexo do solo ficando, após isso, superfosfato simples livre no solo.

Com o fosfato de Araxá, houve uma solubilização da apatita com o extrator ácido, daí os valores altos recuperados logo na primeira dose aplicada. Estes valores permaneceram constantes nas demais.

O termofosfato mostra um coeficiente de regressão superior ao do fosfato diamônico e ao ácido fosfórico, graças à presença, no material, de rocha fosfatada.

O ácido fosfórico mostra valores recuperados mais baixos, presumivelmente em razão de sua alta solubilidade, facilitada pela fixação de fósforo.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi realizado um ensaio para verificar a ação de fontes de fósforo no pH, teores de cálcio, magnésio e fósforo de um solo Aluvial Antigo (Cambisol Podzólico ?). Utilizaram cinco fontes de fósforo: superfosfato simples (20% de  $P_2O_5$ ), termofosfato magnesiano (20% de  $P_2O_5$ ), fosfato de Araxá (6% de  $P_2O_5$ ), farinha de ossos (20% de  $P_2O_5$ ), ácido fosfórico (85% de  $P_2O_5$ ) e fosfato diamônico (45% de  $P_2O_5$ ), nos níveis de 100, 200, 300, 400 e 500 kg  $P_2O_5$ /ha.

Após um período de quarenta dias, foram retiradas as amostras de solo, e analisadas para se obter dados de pH em água (relação 1:1) e teores de cálcio, magnésio e fósforo, usando-se, como extrator, a mistura ácida de ácido sulfúrico 0,025 N e ácido clorídrico 0,05 N na relação de 1:10.

Os dados obtidos permitiram concluir:

1 - O pH aumentou quando se aplicou o termofosfato, porém, foi diminuído com a aplicação de superfosfato simples e fosfato diamônico à medida que as doses aumentaram.

2 - Os teores de cálcio foram alterados positivamente para o caso de superfosfato simples, termofosfato magnesiano e fosfato de Araxá. Os teores encontrados não mostraram correlação com a variação de pH.

3 - O teor de magnésio foi alterado quando se aplicou o



termofosfato, o superfosfato e o fosfato de Araxá, mas estes teores não foram correlacionados com o pH do solo.

4 - Todas as fontes contribuíram, de modo variável, para a elevação do teor de fósforo no solo. A maior contribuição foi devida ao fosfato de Araxá e a menor à farinha de ossos.

5 - O uso de extrator ácido, como o usado neste ensaio, mostra que os valores obtidos não fornecem uma interpretação compatível com dados experimentais.

## 5. SUMMARY

This work was concerning with the influence of various sources of phosphorus on the variation of pH and the availability of phosphorus, calcium and magnesium. The Mehlich's extractor was used to extract the phosphorus, calcium and magnesium. The sources of phosphorus used were phosphoric acid, ordinary superphosphate, fusion phosphate, bone meal, di-ammonium phosphate and Araxá rock phosphate.

It was concluded that the pH was increased by the fusion phosphate only, and was decreased by the application of the ordinary superphosphate and di-ammonium phosphate.

The level of calcium and magnesium were altered by the application of ordinary superphosphate, fusion phosphate and Araxá rock phosphate, but the values obtained were not correlated with the change in pH.

All of the sources altered the level of soil phosphorus; Araxá rock phosphate, causing the greatest change and bone meal the minor one.

## 6. LITERATURA CITADA

1. ADAMS, F. & EVANS, C. E. A rapid method for measuring lime requirements of red yellow podzolic soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 26:65-68. 1962.
2. ADAMS, F. & PEARSON, E. W. Crop response to lime in the Southern United States and Puerto Rico. In PEARSON, Robert W. & ADAMS, Fred, ed. Soil Acidity and Liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 161-206.

3. AUDONIN, N. S., ARENS, J. P. & STEPANOVA, L. N. Effect of fertilizers on properties of sod: podzolic soils. Pochvovedenie, Moscou, 9:25-34. 1960. In Soils and Fertilizers, Inglaterra XXIV(1):293-1961.
4. BELO HORIZONTE Fertiminas. Termofosfato faixa preta. Belo Horizonte, |s. d. | 22 p.
5. COLEMAN, N.T. & THOMAS, Grant W. The basic chemistry of soil Acidity. In PEARSON, Robert W. & ADAMS, Fred. ed. Soil Adidity and Liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 1-42.
6. DONALD, L. , STANGEL, H. J. , PESEK, JR, J. T. Advance in knowledge of nitrogen fertilizations in the USA since 1950. In McVICKAR, Malcolm H., et alii, ed. Fertilizer technology and usage. Madison, Soil Sci. Soc Amer. Proc., 1963. p. 75-129.
7. KANEHIRO, Y. & HADANO, M.F. Effect of nitrogen fertilizers on soil pH. Hawaii Farm Sci., 8(2):4-5. 1959.
8. RUSSEL, E. W. & RUSSEL, E. J. Soil Conditions and Plant Growth 9ª ed. New York, John Wilwy e Sons Inc., 1962. 635 p.
9. SAMUELS, G. & GONZALEZ-VELEZ, F. The influence of amonium fertilizations on the pH of sugar cane soils. J. Agric. Univ. Porto Rico 46:297-306. 1962.
10. SMITH, A. N. Effect of fertilizers, sulphur and mulch on East-African tea soils. I. The effect on the pH reaction of the soil. E. Afr. Agric. For. J., Henya, 27:158-163. 1962.
11. VETORI, L. Métodos de análise de solos. Min. Agricultura, Rio de Janeiro, 1966. 20 p.
12. WOLCOTT, A.R. The acidifying effects of nitrogen carriers. Michigan Fertilizers Conference Proceedings, Michigan. 1963. |s. p. |.